平成 15 年度 CDM/JI 事業調査

タイ国におけるバガスとライスハスクを用いた熱電併給の事業化可能性調査

報　　告　　書

平成１６年３月

株式会社関西総合環境センター

目　　次

第１章　タイに関する基本的情報
1.1 国情一般……1
1.1.1 一般的情報……1
1.1.2 政治状況……1
1.1.3 経済状況……3
1.1.4 社会状況……10
1.1.5 自然状況……16
1.1.6 農業状況……19
1.2 エネルギー事情……21
1.2.1 電力需給の状況……21
1.2.2 関係機関の概要……23
1.2.3 EGAT による電力購入状況……23
1.3 当該プロジェクトに関わるエネルギー関連政策、環境政策等……25
1.3.1 エネルギー関連政策……25
1.3.2 環境の現況及び政策等……26
1.4 CDM に対する方針、動向……38

第２章　プロジェクトの立案……39
2.1 プロジェクト概要……39
2.2 プロジェクト実施企業の概要……39
2.3 プロジェクトの内容……41
2.3.1 プロジェクトの基本計画・方針……41
2.3.2 プロジェクトサイトの状況……41
2.3.3 燃料として使用するバイオマス（バガス、trash 等）の概要……43
2.3.4 設備設計……70
2.4 プロジェクトの領域、実施体制……81
2.4.1 プロジェクトの領域……81
2.4.2 プロジェクト実施体制……82
2.5 実施スケジュール……83
2.6 資金計画……84
2.6.1 所要資金額……84
2.6.2 収入……88
2.6.3 資金調達方法……90
2.6.4 公的資金を利用する場合の資金源の情報……90
2.6.5 資金調達の見通し……90
2.7 モニタリング計画……91
2.7.1 モニタリングの方法……91

2.7.2 モニタリングの品質管理 ……92

第３章　プロジェクトの評価 ……93
3.1 ベースラインの概要 ……93
3.1.1 プロジェクト領域における現在の温室効果ガス排出状況 ……94
3.1.2 ベースラインの選定 ……94
3.1.3 リーケージ（事業の境界外で発生する排出量変化）の検討 ……94
3.2 温室効果ガス排出削減効果 ……95
3.2.1 温室効果ガス排出削減効果が発生する技術的根拠 ……95
3.2.2 温室効果ガス排出削減効果量 ……95
3.3 収益性比較 ……96
3.3.1 内部利益率（IRR） ……96
3.3.2 投資回収年数 ……96
3.3.3 温室効果ガス排出削減効果 ……96
3.4 環境影響分析 ……100
3.4.1 大気 ……100
3.4.2 水質 ……100
3.4.3 騒音 ……100
3.4.4 振動 ……100
3.5 その他の間接影響 ……100
3.5.1 経済的影響 ……100
3.5.2 社会的影響 ……101
3.6 利害関係者からのコメント ……101
3.6.1 Rajburi 製糖工場関係者 ……101
3.6.2 サトウキビ栽培者 ……101

第４章　むすび ……102

本報告書で使用する用語の説明

- CDM（Clean Development Mechanism）：クリーン開発メカニズム
- JBIC（Japan Bank for International Cooperation）：国際協力銀行
- EGAT（Electricity Generating Authority of Thailand）：タイ発電公社
- PEA（Provincial Electricity Authority）：地方配電公社
- IPP（Independent Power Producers）：独立系発電事業者
- SPP（Small Power Producers）：小規模発電事業者
- PTT（Petroleum Authority of Thailand）：国営石油公社
- CT&L（Cane Top & Leaves）：サトウキビの梢頭部および葉〔写真2.3.3-1参照〕
- Cane：サトウキビの茎の部分（糖分を含んでいる）
- trash：サトウキビの枯葉〔写真2.3.3-1参照〕
- Rai（タイでの面積の単位）：1Rai＝1,600m^2
- ライスハスク：籾殻
- バガス：サトウキビの Cane 部分の絞り滓
- ハーベスタ：（サトウキビの）機械収穫装置
- FS（Feasibility Study）：実施可能性調査
- GHG（Greenhouse Gas）：温室効果ガス
- IPCC（Intergovernmental Panel on Climate Change）：気候変動に関する政府間パネル
- PDD（Project Design Document）：プロジェクト設計書
- SPC（Special Purpose Company）：特別目的会社
- IRR（Internal Rate of Return）：内部利益率
- 1Baht＝2.81円（平成15年11月～16年1月の平均為替レート）

第１章　タイに関する基本的情報

1.1 国情一般

1.1.1 一般的情報

タイ王国の基礎は13世紀のスコータイ王朝より築かれ、その後アユタヤ王朝（14～18世紀）、トンブリー王朝（1767～1782）を経て、現在のチャックリー王朝（1782～）に至っている。

タイ王国に関する人口・言語等の一般的情報は以下の通りである。

- 面積　　51万3,115km^2
- 人口　　6,280万人（2002年）
- 首都　　バンコク
- 人種　　大多数がタイ族。その他、華僑、マレー族、山岳少数民族等。
- 言語　　タイ語
- 宗教　　仏教　95%（他教徒はいずれも少ない）

1.1.2 政治状況

（１）国内

タイは正式にはタイ王国(Kingdom of Thailand)と称し、1932年6月の「立憲革命」以降、立憲君主政体をとっている。現チャクリー王朝は、1782年にチャオプラヤー・チャクリー将軍(ラマ1世)によって創設され、以来首都はバンコク(クルンテープ)に置かれている。以後、現王朝は9代まで続いており、現プーミポン国王はラマ9世に当る。

現代タイの政治体制は、歴史的に、

① 国王に権力が集中した19世紀末～1932年立憲革命までの専制君主制
② 1932年～1973年学生革命までの、軍人官僚に権力が集中した権威主義体制
③ 1973年以降現在までの、政党と軍部及び調停者としての国王の三者が権力を分有する政治体制

に区分されるが、1992年に軍部が民主化勢力を虐殺した「5月流血事件」以降、軍部の相対的な地盤沈下が見られ、現タクシン政権発足後は、益々その傾向を強めている。

2001年2月18日に愛国党を中心に発足したタクシン政権は、施政方針演説において選挙公約に掲げた経済再建を最重点政策とする緊急優先政策を打ち出し、各政策を具体的に実施してきている。2002年には連立相手であった新希望党・自由正義党を吸収合併し、さらには野党であった国家発展党を連立に引き込み（2003年11月愛国党との合併を拒み連立を解消）、連立与党が国会下院全500議席中334議席を占め、政治基盤は非常に強固なものとなった。

表 1-1　　与野党の議席勢力

政党名	タイ名	計
タイ愛国党 タイ国民党	タイラックタイ チャータイ	295 39
与党計		334
民主党 国家発展党 民衆党 社会行動党 新希望党(新生) 大衆党	プラチャティパット チャーパタナ ラサドーン キッサンコム クワムワンマイ ムアンチョン	130 31 2 1 1 1
野党計		166
総計		500

（2）外交

タイは、ASEAN 諸国の結束という基本方針を堅持しつつ、日本・中国・韓国をはじめとするアジア諸国や欧米諸国などの全ての国との友好関係を維持するという全方位外交を基本方針としている。特に ASEAN においては、90年代後半にはインドシナ4ヶ国と加盟国との橋渡し役となり、拡大 ASEAN への道筋を開くなど、積極的にリーダーシップを発揮している。

タクシン政権発足後も、国内の混乱により相対的に地位が低下しているインドネシアを尻目に、ASEAN の盟主としての地位を確立し、中国と ASEAN の FTA 締結を積極的に推進。またインドとの接近を図り、タイを中心とした広域 FTA 創設を睨んだ経済外交を展開している。

一方、2002年5月にミャンマーとの北部国境地帯で武力衝突が発生し、同年10月までの5ヶ月間にわたってミャンマー側が一方的に国境を封鎖。2003年2月にはカンボジアの首都プノンペンで、暴徒によるタイ大使館襲撃事件が発生するなど、不安要素も見られるが、タイの圧倒的な国力により事態は沈静化に向かっている。

1.1.3 経済状況

タイは、豊かな農業基盤により、その経済は底固く支えられる構造にあり、加えて自動車を中心とした幅広い製造業の生産基地として外国からの投資が続き、金融セクターにおける不良債権問題等は残っているものの、産業面では1997年通貨危機による影響からは、概ね脱出できたものとみられる。

今後、製造業分野における中国との一層の競争激化という要素はあるものの、引き続き成長が期待される有望市場と認識される。

（1）経済成長率

タイ経済は、1960年代以降長期的な高成長が続き、1960年から1996年までの年平均成長率は7.6%となっている。1997年の通貨危機により平均成長率は低下したが、そうした中でも1999年までで年平均6.8%の成長を達成し、アジア諸国の中でも順調に経済発展を遂げている。

経済活動の規模をGDPの推移で見ると、1960年には28億ドルであったが、1970年には71億ドル、1980年には324億ドル、1990年には853億ドルと順調に拡大を続け、経済危機直前の1996年には1,814億ドルに達した。1997年のバーツ切り下げによる経済危機によって1997-98年の2年間はマイナス成長となったが、1999年より再び拡大基調となり、2001年の実績では1,148億ドルに回復した。

2002年に入ってからは、景気の先行不安感から年初の経済成長率は2%程度と予測されていたが、タイ中央銀行が1月と11月に0.25%ずつの利下げを実施したため、市中金利が歴史的な低水準となったことにより、住宅・携帯電話・自動車を中心とした個人消費が刺激されたことに加え、クレジットカードの利用が飛躍的に増大したこともあって結果としては5%近い高成長を達する見通しである。

表1-2　　実質GDP成長率の実績と予想

	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年
実質GDP成長率	-10.5%	4.4%	4.6%	1.9%	5.4%	6.7%

注：2004年3月8日付国会社会経済開発委員会発表の速報値。
　　2003年は実績見通し。

（2）財政収支動向

70年代後半から80年代初頭にかけては、開発政策の推進に伴い、国営企業を通じてエネルギー関連などの大型設備投資を積極的に進めたことにより、資本支出の増加・累積債務の返済負担増も重なったことから、歳出の拡大が急速に進んだ。一方、歳入の9割を占める税収は、第2次石油危機後の世界的な景気低迷から伸び悩んだため、財政赤字は拡大し、82年には対GDP比4.9%まで拡大した。

このため、83-88年にかけては強力な緊縮財政政策を展開し、かつ87年からは、直接投資の流入を牽引とする景気の急速な回復によって税収が大幅に増加したことも手伝い、88年には14年ぶりの黒字に転換した。

その後、90年代半ばにかけて税収の順調な増加を背景に財政黒字基調が定着したことから、80年代の緊縮政策のために立ち遅れたインフラ整備等の公共投資を拡大するとともに、国債の期限前償還等による政府債務の圧縮が進められた。

しかしながら、97年は経済の急速な落ち込みによる税収の減少から、年途中で歳出の削減を行ったものの、GDP 比0.7%の赤字となった。98年は、当初通貨危機の発生に対応するため、緊縮的財政運営を行ったが、それにより急速に内需が縮小したことから年後半から景気刺激型へと政策が転換された。

表 1-3　　財政･貿易･経常収支と外貨準備高の実績と予想

	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年
財政収支	-1,250.82	-1,199.85	-1,080.55	-1,328.11	-786.03	163.90
歳入	7,177.79	7,130.79	7,451.38	7,758.02	8,769.01	9,961.98
歳出	8,428.61	8,330.64	8,531.93	9,086.13	9,555.04	10,125.88
貿易収支	122.4	92.7	54.7	24.9	27.4	42.0
経常収支	143	125	93	62	70	80
外貨準備	295	348	327	330	389	421

注：Bank of Thailand 発表。
　　単位は、財政収支：億バーツ、貿易･経常収支及び外貨準備高：億ドル。

（3）物価

① タイの金融政策の概況

タイ中央銀行(Bank of Thailand)による金融政策は、1942 年の設立以来 1980 年代半ばまでは、物価の安定と通貨価値の安定を大目標とし、各種金融政策手段の保守的な運営により、長期にわたり安定的な経済成長を導いてきた。通貨価値の安定については、米ドルとの連動を基本としつつ、数回にわたる水準調整(切り下げ)を実施、金融機関についてもマネー・サプライを重視した慎重な運営がなされてきた。1980 年代後半から 1990 年代前半の高度成長期には、経済発展を支えるべく、金融の自由化・国際化が図られたが、経済成長に重点が置かれた運営となったため、1997 年の通貨・金融危機を招来することとなり、自由化・国際化策は見直しされ、国際通貨基金(IMF)の支援や先進国のアドバイスを受けて、金融制度の抜本的な改革に取り組んでいる。現在中央銀行は、金融政策の目的を、インフレ抑制、対外安定(為替)、経済成長に置き、これらの目的達成のため、預金準備率操作・公開市場操作等の他、商業銀行等に対する貸出残高・預金貸出金利・貸倒引当金等に関する規制・ガイドラインなどの枠組を設けている。

② インフレ目標制

2000 年 4 月、中央銀行は新たに金融政策決定委員会(Monetary Policy Board)を発足させ、金融政策運営の指針として、「インフレ目標制(Inflation Targeting)」を採用し、コア・インフレ(エネルギー・生鮮食料品を除いたインフレ率)の目標を 0-3.5%とすること、政策金利として 14 日物債券リパーチェス金利(中央銀行が商業銀行等を相手に行う、国債・政府保証債の買戻し条件付売買の金利)の水準目標を 1.5%(現行 2.0%)に定めている。

③ 物価動向

ａ．概況

タイ中央銀行ではインフレ目標制を採用した金融政策を行っているが、1997 年の通貨・金融危機以降、2000 年までは景気の低迷が続き、インフレ率も 1%以下の水準で推移し、引き締めを行う必要もない状態であった。景気回復が本格的となった 2001 年以降インフレ率は上昇傾向にあるが、全体として低位で推移している。

1999-2002 年の物価推移は表 1-4 に示す通りである。

表 1-4　　1999-2002 年の物価動向

【一般消費者物価指数の推移】　　(1994 年 = 100)

	1999 年	2000 年		2001 年		2002 年	
	指数	指数	増減率	指数	増減率	指数	増減率
全体	131.9	132.4	0.4	134.4	1.5	135.6	0.9
食料・飲料	139.5	137.1	-1.7	137.7	0.4	138.7	0.7
衣料	122.7	123.4	0.6	124.7	1.1	126.4	1.4
住宅	118.7	120.5	1.5	123.0	2.1	124.1	0.9
健康・個人ケアサービス	121.3	122.3	0.8	124.5	1.8	125.9	1.1
運輸・通信	123.3	132.9	7.8	137.4	3.4	137.6	0.1
レジャー・教育	131.4	130.0	-1.1	130.1	0.1	131.0	0.7
タバコ・アルコール飲料	158.0	159.8	1.1	169.9	6.3	174.1	2.5

【生産者物価指数の推移】　　(1995 年 = 100)

	1999 年	2000 年		2001 年		2002 年	
	指数	指数	増減率	指数	増減率	指数	増減率
全体	114.4	118.8	3.8	121.8	2.5	123.8	1.6
農業生産	109.3	108.9	-0.4	114.5	5.1	126.0	10.0
農業・畜産・林業	103.2	99.2	-3.9	106.0	6.9	118.0	11.3
水産業	142.5	161.8	13.5	160.8	-0.6	169.6	5.5
鉱業生産	104.8	109.3	4.3	118.1	8.1	116.6	-1.3
化石燃料	100.5	109.4	8.9	126.8	15.9	126.2	-0.5
その他鉱物	108.0	109.2	1.1	111.7	2.3	109.6	-1.9
工業生産	115.3	120.6	4.6	123.0	2.0	123.7	0.6
食料・飲料	116.4	115.0	-1.2	122.6	6.6	125.0	2.0
繊維・衣料	114.7	117.3	2.3	119.1	1.5	117.5	-1.3
鞣革・皮革・靴	105.6	107.3	1.6	108.5	1.1	108.6	0.1
木材・木製品	115.6	120.3	4.1	125.9	3.7	126.6	0.6
紙パルプ・紙製品	126.8	131.5	3.7	130.7	-0.6	129.4	-1.0
石油製品	124.8	181.8	45.7	178.9	-1.6	171.5	-4.1
化学品・化粧品	107.3	127.1	18.5	124.9	-1.7	120.5	-3.5
ゴム・プラスチック	110.8	120.4	8.7	120.1	-0.2	119.0	-0.9
非金属	131.3	131.4	0.1	136.1	3.6	133.3	-2.1
基礎金属・金属製品	122.8	125.2	2.3	126.4	1.0	132.1	4.5
機械・設備	110.5	110.3	-0.2	110.8	0.5	111.6	0.7
電機・電子	112.7	115.4	2.4	115.7	0.3	116.9	1.0
輸送機械	113.6	119.3	5.0	122.8	2.9	126.2	2.8
その他工業製品	112.2	112.2	0.0	113.9	1.5	117.7	3.3

b．2003 年及び 2004 年の物価予測

国家社会経済開発委員会(NESDB: National Economic and Social Development Board)が 2003 年 12 月 15 日に発表した経済予測によれば、2003 年はイラク戦争の影響による石油価格の上昇、食品及び交通・通信分野での物価上昇により、インフレ率は 1.9%増となっている。2004 年の見通しでは、好調な景気動向を背景に原料と人件費の双方から生産原価が上昇し、2003 年を上回る 2.4%増と予測されている。これは、2003 年と同じく食品、

交通・通信分野での物価上昇が要因となっているが、一方で他の製品の価格は、非食品分野で最も比重の高い家賃と住居関連物価の下落によって、全体として物価の上昇幅は低く抑えられると見られている。

（4）一人当りの国民所得水準

タイの一人当りの所得水準は、経済成長が続く中で着実に上昇してきた。一人当りのGDPで見ると、1960年には103ドルであったが、1970年には196ドル、1980年は693ドル、1990年には1,530ドルと30年間で15倍以上の伸びをみせ、さらに経済危機直前の1996年には実に3,100ドルに達した。経済危機以降、特に1998年には大きく減少し、2001年実績で1,825ドルと1990年代初旬頃の水準となっている。

一方、タイ経済が成長を続けてきた中で、貧富の格差、地域格差の是正が大きな問題となっている。タイの全家計を所得順に並べたとき、上位20%の家計の所得が全家計所得に占める割合は1996年で50.1%、逆に下位20%の家計が占める割合は5.7%で、この両者の格差は7.9倍となっている。この割合は1999年には9.7倍まで拡大しており、経済危機により、低所得層の家計がより深刻な打撃を受けたことを示している。

地域別の所得状況を見ると、バンコク及び周辺地域に集中し、地方(特に東北部)が相対的に取り残される傾向が続いている。

表 1-5　家計の平均収入と所得格差

	1988 年	1992 年	1996 年	1998 年	1999 年
上位 20%の割合(a) 下位 20%の割合(b)	51.3% 5.0%	51.9% 5.4%	50.1% 5.7%	49.8% 5.9%	51.6% 5.3%
(a) / (b)	10.3 倍	9.6 倍	7.9 倍	8.4 倍	9.7 倍

表 1-6　地域別所得格差（1998 年）

	地域別所得 (億バーツ)	構成比 (%)	人口 (千人)	構成比 (%)	一人当りの 年間所得(バーツ)
全国平均	46,359	100.0%	61,201	100.0%	75,749
バンコク・周辺	22,444	48.4%	10,894	17.8%	206,021
東部	5,333	11.5%	3,890	6.4%	137,090
中央部	2,085	4.5%	2,906	4.7%	71,741
南部	4,640	10.0%	8,157	13.3%	56,881
北部	4,402	9.5%	11,200	18.3%	39,307
東北部	5,475	11.8%	20,733	33.9%	26,407

（5）労働賃金

① 最低賃金制度

タイでは、1973 年以来地域ごとに日額により最低賃金が設定されている。最低賃金は、内閣の任命する 15 人の委員からなる賃金委員会の審議により定められる。なお、各県ごとに賃金委員会が設けられており、地域の実情に応じた水準を定めることを目指している。

2003 年 11 月に発表された、2004 年 1 月からの最低賃金は表 1-7 に示す通りである。

② タイ全体の賃金概況

タイの民間企業における賃金動向を労働保護福祉局の統計でみると、1998 年に月額 7,000 バーツに達して以降、経済危機の影響を受け、年々下落して 2000 年には 5,536 バーツとなっていたが、2001 年には 5,562.9 バーツとなった。これを産業別でみると、金融・保険・不動産 16,929.7 バーツ、電気・ガス・水道は 12,135.1 バーツと高い一方、農業 2,091.7 バーツ、被雇用家事従事者 3,747.5 バーツなどが低く、漁業 4,154.0 バーツ、建設業 4,622.1 バーツと続いている。製造業の内訳では、10,000 バーツを超える分野として、化学品、石油製品、自動車、5,000 バーツを割る分野としてリサイクル品、木材・木製品、タバコ、衣料品、繊維、皮革などがある。地域別にみると、バンコクが 10,065.9 バーツ、バンコク近郊が 7,318.5 バーツ、中部が 4,745.3 バーツ、南部が 3,702.8 バーツ、北部が 3,355.1 バーツ、東北部が 2,976.3 バーツとなっている。

表 1-7　　最低賃金表（2004 年 1 月～）

（中央賃金委員会発表）

県名		賃金（Baht/日）
首都圏	バンコク	170
	サムットプラカン	170
	パトゥンタニ	170
	ナコンパトム	170
	サムットサコン	170
	ノンタブリ	170
中部	サラブリ	151
	アユタヤ	142
	アントーン	138
	ペッブリ	138
	カンチャナブリ	138
	ラチャブリ	138
	サムットソンクラム	138
	シンブリ	136
	ロッブリ	136
	スパンブリ	136
	チャイナート	135
	ウタイタニ	135
	プラチュアプキリカン	135
	ナコンナヨク	134
東部	チョンブリ	153
	ラヨン	143
	チャチュンサオ	140
	チャンタブリ	138
	サケーオ	137
	プラチンブリ	136
	トラート	135
北部	チェンマイ	145
	ラムプーン	137
	スコータイ	137
	カムペンペット	136
	タク	135
	ナコンサワン	135
	ピサヌローク	135
	ラムパーン	135
	ウタラディット	135
	ピチット	134
	チェンライ	133
	ナーン	133
	パヤオ	133
	プレー	133
	メーホンソン	133

県名		賃金（Baht/日）
南部	プーケット	168
	パンガー	145
	ラノーン	143
	クラビ	140
	チュムポーン	137
	トラン	136
	ナラティワート	135
	ソンクラー	135
	スラタニ	135
	ナコンシータマラート	135
	パッタニ	135
	パッタルン	135
	ヤラー	135
	サトゥーン	135
東北部	ナコンラチャシマ	145
	コンケン	136
	プリラム	136
	ガラシン	135
	ナコンパノム	135
	ペチャブーン	135
	ノンプアラムプー	135
	チャイヤプーム	135
	ムクダハーン	135
	ロイエット	135
	ルーイ	135
	シーケサート	135
	サコンナコン	135
	ノンカイ	135
	ウドンタニ	135
	アムナートジャルーン	135
	マハサラカム	133
	ヤソートン	133
	スリン	133
	ウボンラチャタニ	133

1.1.4 社会状況

（1）治安状況

タイは、東南アジアの中では政治・経済・宗教的に比較的安定しているが、1997年経済危機の影響による多数の失業者の存在や、薬物汚染の拡大及び偽変造旅券作成組織の存在等を背景に、殺人・強盗等の凶悪犯罪の発生件数は少なくない。タイは銃器社会であり、登録拳銃が約450万丁、未登録のものも同数程度あると言われており、これらの銃器により毎年多数の殺人事件が起きている。また、警察と国軍は歴史的な対立関係にあり、両者による幹部暗殺事件も発生している。

2000年の犯罪統計によると、殺人5,140件（日本では1,391件）、強盗2,814件（同5,179件）、強姦4,020件（同2,260件）となっており、人口比で日本の9倍もの殺人事件が発生していることになる。

こうした状況下、北部国境地帯のいわゆる「黄金の三角地帯」と呼ばれる薬物生産地を抱えるタイでは、従来より薬物の所持、使用に政府は厳しい態度で臨んできたが、タクシン政権では2003年2月1日から3ヶ月間の期間を設け、国内から麻薬を一掃するとして「麻薬戦争」を宣言、実績の上がらない県の知事は更迭するという強い姿勢を打ち出し、約1ヶ月間で逮捕及び自首合わせて約7万人の密売者を検挙する実績を挙げた。しかしながら、一方で密売組織と関係を持つ警察官によるものと思われる射殺事件も発生しており、これらを合わせた死者数が1,300人を超え、国連人権高等弁務官事務所を始めとして、内外の人権団体から事態の行き過ぎを懸念する声も上がっている。

国内のテロ情勢に関しては、1991年の軍事クーデター以降も、98年末から99年1月にかけての民主記念塔爆破事件、バンコク市内警察署爆破事件等、一部の政治勢力による爆発物設置事件が起こっている。また96年には、日本赤軍よど号ハイジャック犯人の1人である田中義三が偽米ドル使用で検挙、98年にはパキスタン人国際テロ組織3名が偽造文書使用などで検挙されており、国際犯罪組織の中継・潜伏基地になっていると言われている。近隣諸国であるミャンマー・ラオス・ベトナム等に関連したテロ行為も起こっており、99年10月にはミャンマー・カレン族の反政府勢力による在タイ・ミャンマー大使館占拠事件、2001年6月にはベトナム大使館爆弾設置事件を起こしている。

（2）交通事情

① 陸上交通

a．概況

タイでは、第一次国家経済社会開発計画(1962-66 年)以降、社会資本の整備が道路建設を中心に行われたため、道路整備が進み、モータリゼーションが進展した。タイ国内における旅客及び貨物輸送の 9 割を道路輸送が担っており、道路に依存する割合が非常に高い。

一方、首都バンコクでは、長年にわたり河川や運河を利用する水運が輸送体系の中心であったことから、急速に進むモータリゼーションの勢いに都市整備が追いつかず、その結果、慢性的な交通渋滞が発生し、これによる経済的損失・大気汚染は深刻な状況にある。

バンコクにおける渋滞問題は、主として、道路率(全面積に占める道路面積の割合)が極端に低いこと、並びに軌道系交通機関の発達が遅れていることに起因している。

こうした状況を解消するため、タクシン政権では、9,000 億バーツの予算を投じ、高架

鉄道、地下鉄、国鉄網等の大量輸送機関の拡張を計画中である。

b．道路

（a）道路の整備状況

タイの道路は、行政管理上の区分により、以下に分類されている。

- 特別国道(Special Highways)及び高速道路(Motorways)：

  運輸省道路局が管理。沿道利用を規制し出入規制を行っている高規格の国道。

- 国道(National Highways)：

  運輸省道路局が管理。構造規格が高く、舗装状態は良好。主要都市間を結ぶ一級国道(Primary Highways)と、各県庁あるいは県庁と都庁、郡庁相互間等を結ぶ二級国道(Secondary Highways)に分類されている。

- 地方道(Rural Roads)

  内務省公共事業局、同省地方開発促進局、国防省最高司令部移動開発隊、農業協同組合省王立灌漑局、県行政連合等が管理。地方自治体または衛生区の外側に位置する道路。

- 自治体道路及び衛生区道路

  バンコク都庁を含む、各地方自治体が管理。自治体内及び衛生区内にある道路。バンコクでは都庁が道路の建設・管理を行うが、その他の自治体については、内務省公共事業局が建設を行い、管理のみ自治体に移管される。

- 特許道路

  運輸省道路局が管理。民間セクターが、道路局の契約により道路を建設し、利用者から料金を徴収して建設・管理資金を回収、契約期間満了後公共道路となる(BOT 方式)。

表 1-8　　国道整備状況

	舗装	未舗装	合計
1996 年	46,600km	2,206km	48,806km
1997 年	50,233km	1,933km	52,166km
1998 年	52,969km	1,421km	54,390km
1999 年	54,451km	1,190km	55,641km
2000 年	56,599km	844km	57,403km

（b）自動車の保有状況

2001 年のタイ全土の自動車登録台数は、乗用車が 634 万台(ピックアップトラックを含む)、バス 13 万台、トラック 67 万台、オートバイ 1,524 万台となっており、ここ数年高い伸び率を示している。

表 1-9　　タイの自動車登録台数

	1999 年	2000 年	2001 年
乗用車	5,876,082 台	6,004,207 台	6,336,201 台
バス	117,867 台	122,187 台	130,270 台
トラック	613,343 台	652,520 台	673,599 台
オートバイ	13,244,961 台	13,816,560 台	15,236,081 台

（ｃ）交通事故の状況

交通事故数は、1994 年に 10 万件以上が発生したが、その後減少傾向にあり、最近 5 年間は 7-8 万件で推移している。死者数も年々減少傾向にある。

表 1-10　　タイの交通事故数

	事故件数	死者数	負傷者数
1997 年	82,336 件	13,836 人	48,711 人
1998 年	73,725 件	12,234 人	52,538 人
1999 年	67,800 件	12,040 人	47,770 人
2000 年	73,737 件	11,988 人	53,111 人
2001 年	77,616 件	11,652 人	53,960 人

（ｄ）バンコクの道路網の問題

バンコクでは、1782 年の開都以来、運河を利用した水運が、長年にわたり交通手段の中核を占めてきた。1960 年代に入り、水運に代って自動車による輸送が中心となったが、人口及び産業の集中を受け、市街地が急速に拡がったものの道路の供給が追い付かず、慢性的な渋滞が発生するようになった。

バンコクの道路率(全面積に占める道路面積の割合)は、中心市街地で 8.6%となっており、世界の大都市と比べると(東京 23 区 13.6%、ニューヨーク 23.2%、パリ 20.0%、ロンドン 16.6%)、極めて低い状況にある。

ｃ．鉄道

（ａ）タイ国鉄(State Railway of Thailand)

ア．SRT の沿革

タイでは、1891 年にバンコク・ナコンラチャシマ間の鉄道建設が開始され、この内バンコク・アユタヤ間が 1897 年に開業した。路線網は、バンコクから放射線状に各地に延びており、期間路線としては、チェンマイまでの北線、ノンカイ及びウボンラチャタニまでの東北線、アランヤプラテートまでの東線、パダンベサール及びスンガイコロークまでの南線がある。

イ．SRT の路線距離

営業路線距離は全国で約 4,000km であるが、複線はこの内約 100km しかない。その

ため、列車の行き違い運行を頻繁に行う必要があるが、信号システムの整備不良もあり、トラブルが多く、ダイヤの乱れは常態化している。

ウ．線路・車両の状況

線路はマレーシア、カンボジアなどの近隣諸国と同じ狭軌(1m ゲージ)であるが、レール・枕木の老朽化が進んでおり、予算の関係から更新作業があまりなされていないため、列車の脱線事故も多い。列車は全てディーゼル機関車による客車牽引か、ディーゼルカーによって運行されており、電化はされていない。車両も老朽化したものが多く、懸命な保守によって耐用を延ばしている状況にあるが、車両数も不足しており、整備不良による稼働率低下も加わり、運用は危機的な状態にあると言える。

エ．運賃

旅客運賃は、1-3 等に分けられているが、政府の政策で運賃は低く抑えられている。特に 3 等車両は、貧困者救済の名目で非常に運賃が安く、全利用客の 90%以上を占めるにも拘らず、運賃収入に占める割合は 50%程度しかない。SRT の営業収支は、1974 年の赤字転落以来、ほぼ毎年赤字経営が続いている。

オ．輸送状況

旅客の輸送量については、2001 年は約 5,600 万人で、ここ数年減少傾向にある。利用目的は大都市間の移動がほとんどであり、通勤通学目的の利用者は年間約 500 万人に過ぎない。原因は、ダイヤの乱れの頻発、列車本数の少なさ、車両の老朽化などが挙げられる。旅客の全輸送における鉄道のシェアは 5%程度。

貨物輸送は、2000 年における実績が 983 万トンで、貨物の全輸送における鉄道のシェアは 2%程度となっており、旅客の場合と同様に低い割合に留まっている。

（ｂ）鉄道輸送網整備プロジェクト

バンコク首都圏の深刻な交通渋滞解消のため、総額 9,000 億バーツと言われる様々なプロジェクトが計画されている。計画中のプロジェクトは以下の通り。

・バンコク地下鉄(ブルーライン)プロジェクト

MRTA(Mass Rapid Transit Authority of Thailand)が管轄する本プロジェクトは、国際協力銀行(JBIC)の円借款により、車両基地、駅舎、トンネル工事を実施。地下鉄の車両調達及び運営については、BMCL(Bangkok Metro Co., Ltd.)が事業権を取得している。区間は、ホアランポンからラマ 9 世通りを経由してバンスーまでの約 20km。2004 年 8 月に開業を予定。

・BTS 延伸計画

BTS(Bangkok Transit System: 通称スカイトレイン）は、BMA(Bangkok Metropolitan Authority: バンコク都庁)が管轄する高架鉄道で、1999 年 12 月に開業した。モーチットとオンヌットを結ぶスクムビット線と、ナショナルスタジアムとタクシンを結ぶシーロム線がある。BTS は、路線バスと比較して料金が高く(初乗り 10 バーツ、路線バスは 3.5 バーツ均一)、駅へのアクセスが不便なため、利用客は約 25 万人/日と、当初見込み 60 万人/日との乖離が大きい。利用客の獲得のため、駅と周辺施設とのアクセスを可能にしたり、エスカ

レーターを設置する等施設の改善に努めているが、更なる利用者獲得を目指し、スクムビット線とシーロム線の路線延伸を検討している。

・SRT の改良プロジェクト

前述の通り、SRT は主に都市圏と地方都市とを結ぶ長距離旅客鉄道として機能しているが、都市コミューターとしての機能をほとんど果していない。主な原因としては、運転本数の少なさ、単線及び信号システムの不備によるダイヤの乱れが多いことが挙げられる。

こうした状況を改善すべく、SRT では以下のプロジェクトを計画中。

ⅰ）軌道複線化：　運転本数の増大、スピードアップを図るため、以下のバンコク周辺の幹線 5 線区 234km の複線化を 1993 年から着手。バンパチ–ロッブリ間、バンパチ–マッカバオ間、タリンチャン– ナコンパトム間、ランシット–バンパチ間、バンスー– タリンチャン間

ⅱ）軌道強化：　老朽化した軌道を高規格のものに更新し、高速運転、安全性の向上、軌道保守の省力化を目的とする事業。木製の枕木をコンクリート製に変更することが主たる内容だが、同時にレール・分岐器の重量化やロングレール化も行われる。対象区間の合計は約 1,600km。

ⅲ）延伸：　以下の通り、4 路線で合計 793km の延長が計画されている。

北線(デンチャイ-チェンライ間)	246km
東北線(ブアヤイ-ナコンパノム間)	368km
東線(マプタプット-ラヨーン間)	16km
南線(スラタニ-パンナ間)	163km

ⅳ）電化：　バンスー-ランシット間、バンコク-チャチェンサオ間等を順次電化する計画。合わせて、バンコク国際空港線、第 2 バンコク国際空港線等の整備も行う。

② 海上交通

a．海運の状況

現在タイ国籍の船社は 41 社あるが、いずれも規模が小さく、概ね在来定期船と小型バルカーに主力を置いており、タイ籍外航貨物船の取扱シェアは約 10%に留まっており、90%は外国籍船に依存している。外国籍船では、世界的な船社コンソーシアムである New Grand Alliance(HAPAG-LLOYD、NYK、OOCL、P&O NEDLLOYD)と New World Alliance(HYUNDAI、MOL、APL)、さらには MAERSK/SEALAND 社、EVERGREEN 社が大型コンテナ船をレムチャバン港に毎週定期的に寄港させている。

b．港湾の状況

タイの代表的な港として、バンコク港(クロントイ港)とレムチャバン港の 2 つがある。

バンコク港はチャオプラヤー川沿岸の河川港であるため、大型船が入港できず(喫水制限 8.2m)、また同港がバンコク市内に位置することから拡張が困難な状況にあり、さらに

は市内の交通渋滞緩和のため、1991 年にレムチャバン港が建設された(チョンブリ県、バンコク南東 130km)。

バンコク港の年間取扱量は、政府のガイドラインにより、100 万 TEU に抑えられており、レムチャバン港の年間取扱量は年々増加している(2001 年で 230 万 TEU)。

表 1-11　　バンコク港とレムチャバン港のコンテナ取扱量

(単位：千 TEU)

	バンコク港	レムチャバン港
1997 年	1,394	1,118
1998 年	1,330	1,525
1999 年	1,321	1,828
2000 年	1,337	2,105
2001 年	1,320	2,312

1.1.5 自然状況

（1）気象

タイは、赤道から北緯30度あたりに位置しており、熱帯圏に属し高温・多湿である。年間の温度差が小さく、最高気温がタイ中央部で33.7℃、最低気温が24.7℃、平均気温が28.5℃となっている。季節は気候の特徴により雨季と乾季に分けられ、さらに乾季は寒季と暑季に分けられる。

2002年のタイの地域別気温と降雨量の推移は、表1-12に示す通りである。

表 1-12　　気温と降水量(2002 年)

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
北部	平均気温(℃)	22.3	25.1	27.2	29.5	28.2	28.0	27.3	26.8	26.6	26.2	25.0	24.0	26.4
	最高気温(℃)	36.5	38.3	41.1	42.8	42.4	37.5	37.0	36.6	35.4	35.6	36.3	35.6	42.8
	最低気温(℃)	9.3	9.5	10.8	14.4	19.9	21.2	20.0	19.4	19.8	13.6	13.8	10.0	9.3
	降水量(mm)	7.3	5.8	29.4	47.4	241.2	141.1	153.1	304.4	301.5	99.0	101.1	37.7	1,469.0
東北部	平均気温(℃)	23.1	26.0	28.1	29.7	28.4	28.6	28.4	27.4	26.9	27.0	25.8	25.3	27.1
	最高気温(℃)	36.5	37.4	40.5	41.9	38.2	37.2	37.0	35.6	34.6	35.9	37.0	36.7	41.9
	最低気温(℃)	10.5	13.5	14.5	19.3	20.9	22.1	21.5	21.5	21.6	15.6	15.2	14.6	10.5
	降水量(mm)	0.9	10.1	57.9	65.2	210.0	231.2	209.7	337.1	355.6	96.7	24.3	21.6	1,620.3
中央部	平均気温(℃)	25.8	28.4	29.6	30.9	29.1	29.2	29.0	28.2	27.8	28.0	27.3	27.2	28.4
	最高気温(℃)	36.5	39.0	40.6	41.3	39.0	37.6	36.9	37.2	36.0	35.8	35.8	36.2	41.3
	最低気温(℃)	9.4	18.0	17.5	18.2	19.5	19.5	22.0	20.0	21.5	17.4	15.5	14.5	9.4
	降水量(mm)	7.0	18.4	26.4	49.9	184.5	122.5	114.2	171.3	245.9	178.5	83.2	39.4	1,241.2
東部	平均気温(℃)	26.3	28.0	29.0	29.8	28.9	29.0	29.0	28.0	28.0	28.0	27.7	28.0	28.3
	最高気温(℃)	36.2	37.6	38.8	40.4	38.4	37.4	37.3	36.1	36.1	37.1	37.3	36.8	40.4
	最低気温(℃)	15.1	19.1	21.1	22.1	22.0	21.7	21.9	22.2	22.2	19.0	18.5	19.0	15.1
	降水量(mm)	6.5	31.7	77.9	89.7	255.5	229.8	190.2	286.0	262.6	127.7	68.4	39.2	1,665.2
南部（東海岸）	平均気温(℃)	26.0	26.8	27.8	28.7	28.6	28.4	28.4	27.5	27.4	27.4	26.6	27.0	27.6
	最高気温(℃)	34.7	36.3	38.4	38.0	37.7	36.9	37.5	36.7	36.5	37.0	36.6	36.0	38.4
	最低気温(℃)	16.4	17.5	18.2	19.0	19.6	19.2	19.2	20.6	21.2	21.4	20.8	21.3	16.4
	降水量(mm)	15.7	12.6	66.6	86.3	131.0	96.2	86.8	131.0	133.2	176.2	375.8	275.9	1,587.3
南部（西海岸）	平均気温(℃)	27.5	28.1	29.1	29.0	28.7	28.2	28.5	27.8	27.2	27.3	27.2	27.7	28.0
	最高気温(℃)	35.9	36.6	38.6	38.2	36.8	35.4	35.1	35.0	34.4	35.3	34.8	34.6	38.6
	最低気温(℃)	19.5	19.0	19.6	21.5	21.4	22.3	21.7	21.6	21.8	22.1	21.6	21.9	19.0
	降水量(mm)	3.7	1.2	42.9	178.3	283.2	243.4	233.3	387.7	392.5	267.4	183.4	144.2	2,361.2
全国	平均気温(℃)	25.2	27.1	28.5	29.6	28.7	28.6	28.4	27.6	27.3	27.3	26.6	26.5	27.6
	最高気温(℃)	36.5	39.0	41.1	42.8	42.4	37.6	37.5	37.2	36.5	37.1	37.3	36.8	42.8
	最低気温(℃)	9.3	9.5	10.8	14.4	19.5	19.2	19.2	19.4	19.8	13.6	13.8	10.0	9.3
	降水量(mm)	7.1	12.7	50.4	77.2	212.2	170.8	160.0	266.7	276.1	142.7	140.3	91.7	1,607.9

① 雨季（5-10月）

南西モンスーン(季節風)の強い影響を受け、毎日 1-2 時間程度の激しい雷雨を伴ったスコールが降る。特に雨季の始まりの 5 月と 10 月に降水量が多い。

② 寒季（11-2月）

乾燥した北東モンスーンの影響を受け、日中は気温が 30℃前後になるものの、朝晩は涼しく湿度が低いため、年間で一番凌ぎ易い季節である。

③ 暑季（3-4月）

年間で最も暑い季節で、最高気温が 40℃近くに達することもあるが、湿度は 74%前後とあまり高くなく、乾燥した季節である。

（2）地象

タイはインドシナ半島の中央部(北緯5度30分から21度、東経97度30分から105度30分)に位置し、国土面積は513,115km^{2}で、南北に約2,500km、東西に約1,250kmを占め、ミャンマー、マレーシア、カンボジア、ラオスと国境を接している。海岸線は、タイ湾(南シナ海)に1,840km、アンダマン海(インド洋)に865kmある。

タイには76の県があり、社会・文化的、風土的、産業的に見て、以下の4つの地域に大別される。

① 北部：チェンマイ、チェンライなど16県

比較的気候が涼しく山岳地帯が多い地域で、ラオスやミャンマーの影響を受けた独自の文化を形成している。

② 東北部：ウドンタニ、コンケンなど19県

面積の上ではタイ最大の地域。しかしながら、降雨量は多いが土地の保水力が弱いため、洪水と旱魃の影響を受け易く、また土質に塩分を含むことから農作物の収穫も少なく、タイで最も貧しい地域と言われている。

③ 中央部：バンコク、サムットプラカンなど27県

チャオプラヤー川の肥沃なデルタ地帯であり、農作物の生産に適しており、世界有数の米作地帯でもある。

④ 南部：プーケット、ソンクラなど14県

アンダマン海とタイ湾に挟まれた狭隘な地域ながら、錫、ゴム、パーム油などの産品に恵まれ、また観光業も盛んなことから、中央部と並ぶタイの富裕な地域。

（3）水象

① タイの河川

タイにおいて主要な水源となる河川は 25 あり、主要河川の年間平均水量合計は約 2,000 億m^{3}である。特に重要な河川は中央部を流れるチャオプラヤー川と東部のラオス国境となるメコン川であり、農業灌漑、飲料用、漁業、海運など、タイ国民の生活と密接な関係にある。

主要 25 河川の水の年間平均使用量は約 400 億m^{3}で、使用率は約 20%である。

タイの主要河川の利水状況は表 1-13 に示す通りである。

② タイにおける水の需要

王立灌漑局の統計によると、1993 年におけるタイ全土の水の需要は 526 億m^{3}で、内訳は飲用等の一般用が 31 億m^3、工業用が 13 億m^3、灌漑用が 482 億m^{3}となっている。水の需要は、人口の増加、経済の発展等により年々増加しており、2006 年には総需要が 705 億m^{3}に達すると予測されている。

表 1-13　　タイの主要河川と利水状況(2002 年)

NO.	河川	流域面積 (千m^2)	年間平均水量 (Mil m^3)	年間平均使用水量 (Mil m^3)	年間平均未使用水量 (Mil m^3)	未使用率
1	サルウィン	17,920	8,156	18	8,138	99.78%
2	メコン	57,422	15,800	1,378	14,422	91.28%
3	コック	7,895	5,119	22	5,097	99.57%
4	チー	49,447	8,035	4,179	3,856	47.99%
5	モン	69,700	21,767	3,400	18,367	84.38%
6	ピン(チャオプラヤー上流)	33,898	6,686	6,020	666	9.96%
7	ワン(チャオプラヤー上流)	10,791	1,429	120	1,309	91.60%
8	ヨム(チャオプラヤー上流)	23,616	1,430	75	1,355	94.76%
9	ナン(チャオプラヤー上流)	34,330	9,581	5,800	3,781	39.46%
10	チャオプラヤー	20,125	4,925	175	4,750	96.45%
11	サケクラン	5,191	519	162	357	68.79%
12	パサック	16,292	2,708	281	2,427	89.62%
13	タチン	13,682	2,815	267	2,548	90.52%
14	メクロン	30,837	12,943	10,000	2,943	22.74%
15	プラチンブリ	10,481	4,502	37	4,465	99.18%
16	バンパコン	7,978	4,900	94	4,806	98.08%
17	トンレサップ	4,150	1,193	25	1,168	97.90%
18	トラート県の河川	13,830	10,623	273	10,350	97.43%
19	ペチャブリ	5,603	1,410	655	755	53.55%
20	プラチュアップキリカン県の河川	6,745	1,013	510	503	49.65%
21	北部の河川	26,353	35,614	4	35,610	99.99%
22	タピー	12,225	17,380	3,080	14,300	82.28%
23	ソンクラ	8,495	7,301	9	7,292	99.88%
24	パタネー	3,858	3,024	1,150	1,874	61.97%
25	南部(西側)の河川	21,172	9,918	12	9,906	99.88%
合計		512,036	198,791	37,746	161,045	81.01%

表 1-14　　タイにおける水の需要

(単位: Mil m^3)

	一般用	工業用	灌漑用	合計
1993 年	3,118.14	1,311.52	48,171.92	52,601.58
2006 年	6,593.32	2,154.40	61,746.64	70,494.36
増加率	111.45%	64.27%	28.18%	34.02%

1.1.6 農業状況（サトウキビ及び米）

（1）サトウキビ

① 生産量等

タイでは、サトウキビの栽培面積は 800～1,000 ha 程度であり、年間収量は 4,200～7,400 万トンとなっている。サトウキビを原料に粗糖、砂糖及び糖蜜が生産されている。

表 1-15　タイにおけるサトウキビの生産動向

項目＼年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
栽培面積（千ha）	800	923	985	980	918	945	922	850	850	970
生産量（千t）	42,828	54,323	57,699	59,506	50,332	52,813	49,563	60,013	62,517	74,072

出典：FAOSTAT AGRICULTURE DATA　http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture

② 流通

サトウキビ農家は、刈り取り後、製糖工場へサトウキビを売り渡し、代金は粗糖等の販売後に清算される。砂糖製品の生産については、砂糖が 150-260 万トン、白精糖が 60-120 万トン、粗糖が 160-300 万トン、糖蜜が 220-280 万トン。

③ 保護政策等

砂糖の取引「サトウキビ・砂糖法」により管理されており、砂糖の生産販売に関わる利益は、農家と製糖会社が 70:30 の割合で分配する仕組みとなっている。

粗糖、砂糖及び糖蜜ともに価格が国際相場の影響を大きく受け、製糖会社の経営は不安定なため、利益分配を巡り、農家・製糖会社間で対立するケースが多い。

また、タイの砂糖の国内価格は国際価格よりも高く設定されており、国内食品製造業者からは、低コスト化を求める声もある。

（2）米

① 作付状況、生産量等

米はタイ全土において最も重要な作物であり、作付面積は国土の約 2 割を占めている。うるち米が生産量の約 7 割、もち米は約 3 割程度。うるち米は全国で栽培され、もち米は東北部及び北部で主に栽培されている。中央平原など灌漑設備が整備された地域では二期作が可能であり、三期作が行われているところも一部にはある。

通常の一期作は、天水を利用して雨季初期の 6 月に播種、または移植され、乾季初期の 11 月以降に収穫される。一期作米の収穫量は、籾ベースで 1,800-2,000 万トン。

二期作は、2 月に始まり 5 月に終わり、収量は籾ベースで 400-600 万トン程度。

上記の通り、一期作と二期作を合わせた総生産量は 2,200-2,600 万トン程度となるが、この内約 60%が国内で消費され、残る約 40%から種子用及び備蓄用を差し引いたものは輸出に回される。タイの輸出量は 600-700 万トン（精米換算）で、全世界の米輸出の約 3 割を占める世界最大の米輸出国である。

表 1-16　　タイにおける米の生産動向

年 / 項目	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
栽培面積（千ha）	8,975	9,113	9,267	9,913	9,512	9,970	9,891	10,125	9,988	11,000
生産量（千t）	21,111	22,016	22,332	23,580	23,450	24,172	25,844	26,514	25,611	27,000

出典：FAOSTAT AGRICULTURE DATA　http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture

② 流通

タイの米は、生産を農業協同組合省が、流通を商務省が所管しており、他国との政府間取引は、商務省が自ら行っている。農家が生産した籾は、仲買人経由か、もしくは農家から直接精米所に売り渡され、乾燥・調製・精米後、100kg の麻袋詰めの白米で流通する。主食用の小売は、5-6 等級に分類されて販売される。なお、タイにおいては、等級や高級米とされる「香米」（ホームマリ・ライス）の規格が定められているが、日本のように品種・銘柄毎の流通・販売は行われていない。

③ 保護政策等

米の流通は、基本的に需給・価格の管理は行われておらず、米の国内取引は自由とされている。

1.2 エネルギー事情

1.2.1 電力需給の状況

1997年の経済危機により、電力需要が激減したことから、1998年に発電公社(EGAT : Electricity Generating Authority of Thailand)では、長期需要計画の基本方針及び過去の最大電力量、予備力等を考慮して、1999会計年度から2011会計年度(1998年10月～2011年9月)までの、ナショナルグリッドの電力設備出力、供給力、最大電力、予備力及び予備率に関する電力開発計画(Power Development Plan: PDP99-01)を作成した。その後、天然ガス消費量の増大、Ratchaburi 発電所の民営化、建設中の発電所の完工時期等、新たな要素が加わったことから、2001年に2001年度から2016年度までの16年間にわたる長期計画 PDP2001を作成した。これによると、ピーク電力需要の伸び率を、2002-2006年は年平均6.86%、2007-2011年は6.28%、2012-2016年は5.88%と予測している。

PDP2001による、1990-2016年度の電力需給実績及び予想は、表1-17に示す通りである。

表 1-17　Total EGAT Generation Requirement

Fiscal Year	Generation							Consumption	
	Peak Generation			Energy Generation			Load Factor	Energy (GWh)	Growth Rate (%)
	MW	Increase		GWh	Increase				
		MW	%		GWh	%	%		
1990	7,093.70	861.00	13.81	43,188.79	6,731.70	18.46	69.5	37,084.54	17.68
1991	8,045.00	951.30	13.41	49,225.03	6,036.24	13.98	69.8	42,308.64	14.09
1992	8,876.90	831.90	10.34	56,006.44	6,781.41	13.78	72.0	48,199.56	13.92
1993	9,730.00	853.10	9.61	62,179.73	6,173.29	11.02	73.0	54,661.06	13.41
1994	10,708.80	978.80	10.06	69,651.14	7,471.41	12.02	74.2	60,692.36	11.03
1995	12,267.90	1,559.10	14.56	78,880.37	9,229.23	13.25	73.4	69,354.66	14.27
1996	13,310.90	1,043.00	8.50	85,924.13	7,043.76	8.93	73.7	75,920.98	9.47
1997	14,506.30	1,195.40	8.98	92,724.66	6,800.53	7.91	73.0	81,548.62	7.41
1998	14,179.90	-326.40	-2.25	92,134.44	-590.22	-0.64	74.2	80,774.05	-0.95
1999	13,712.00	-467.90	-3.30	90,413.99	-1,720.45	-1.87	75.3	79,841.60	-1.15
2000	14,918.30	1,206.30	8.80	96,780.72	6,366.73	7.04	74.1	85,443.32	7.02
2001	16,184.00	1,265.70	8.48	103,496.00	6,715.28	6.94	73.0	N.A.	N.A.
2002	17,388.00	1,204.00	7.44	110,945.00	7,449.00	7.20	72.8	N.A.	N.A.
2003	18,587.00	1,199.00	6.90	118,540.00	7,595.00	6.85	72.8	N.A.	N.A.
2004	19,913.00	1,326.00	7.13	126,449.00	7,909.00	6.67	72.5	N.A.	N.A.
2005	21,222.00	1,309.00	6.57	134,794.00	8,345.00	6.60	72.5	N.A.	N.A.
2006	22,552.00	1,330.00	6.27	143,748.00	8,954.00	6.64	72.8	N.A.	N.A.
2007	23,951.00	1,399.00	6.20	152,743.00	8,995.00	6.26	72.8	N.A.	N.A.
2008	25,450.00	1,499.00	6.26	162,438.00	9,695.00	6.35	72.9	N.A.	N.A.
2009	27,232.00	1,782.00	7.00	173,532.00	11,094.00	6.83	72.7	N.A.	N.A.
2010	28,912.00	1,680.00	6.17	184,213.00	10,681.00	6.16	72.7	N.A.	N.A.
2011	30,587.00	1,675.00	5.79	194,930.00	10,717.00	5.82	72.8	N.A.	N.A.
2012	32,405.00	1,818.00	5.94	206,660.00	11,730.00	6.02	72.8	N.A.	N.A.
2013	34,352.00	1,947.00	6.01	219,134.00	12,474.00	6.04	72.8	N.A.	N.A.
2014	36,366.00	2,014.00	5.86	232,106.00	12,972.00	5.92	72.9	N.A.	N.A.
2015	38,519.00	2,153.00	5.92	245,948.00	13,842.00	5.96	72.9	N.A.	N.A.
2016	40,699.00	2,180.00	5.66	260,262.00	14,314.00	5.82	73.0	N.A.	N.A.

注1：1990-2000年の数値は実績値
注2：2001-2016年は予想値

1.2.2 関係機関の概要

（1）政府組織の概要

エネルギーに関するタイ国の政府機関は、2002年10月の省庁再編により、エネルギー省に集約された。それ以前は、首相府傘下の国家エネルギー政策局(NEPO：National Energy Policy Office)がエネルギー政策の全般を企画立案し、科学技術環境省傘下のエネルギー開発振興局(DEDP：Department of Energy Development and Promotion)が省エネルギー及び再生可能エネルギーの開発を担当していた。また、石油流通の品質規制や民間備蓄の監督を商務省が行い、工業省が国営石油公社(PTT：Petroleum Authority of Thailand)の監督及び地下資源に関する政策、首相府が EGAT の監督を行っていた。さらには、内務省が首都圏配電公社(MEA)と地方配電公社(PEA)の監督を行う等、エネルギー関係部局が各省庁に分散されていたが、省庁再編によって新設されたエネルギー省傘下に集約化されたことにより、エネルギー行政の一元化が期待されている。なお、MEA と PEA はエネルギー省発足後も内務省傘下にあるが、両公社ともエネルギー省に移管される予定である。

（2）EGAT の概要

EGAT は1969年5月に、ヤンヒー電力公社(Yanhee Electricity Authority)、褐炭公社(Lignite Authority)、東北電力公社(Northeast Electricity Authority)の国営企業3社を合併して設立された。エネルギー省の管轄の下に、発送電を担当し、MEA と PEA に電力の卸売り供給を行っている。また EGAT は、発送電の開発計画、燃料利用管理等の役割を担い、開発計画においては、タイの経済状況、電力需要等を考慮の上、12-15年間の計画を検討する。

（3）MEA の概要

MEA は、内務省管轄下、首都バンコク、ノンタブリ県、サムットプラカーン県を供給エリアとして配電事業を行う国営企業である。2000年度における配電設備容量は、5,799.70MW であり、顧客数は2,146,612件である。

（4）PEA の概要

PEA は、MEA と同様に内務省管轄にあり、MEA による配電地区以外のタイ全土を供給エリアとして配電事業を行う国営企業である。その供給エリアは約51万平方キロであり、国土の99%を占める。73県に及ぶ供給地域は、北部、東北部、中央部、南部の4地域に区分され、2000年時点では、979の営業所よりサービスの提供を行っている。2000年度の顧客数は11,228,792件。

1.2.3 EGAT による電力購入状況

（1）概況

タイ政府では、1998年9月に公表した「国営企業改革に関するマスタープラン」に基づき、国営企業を漸次民営化していく方針を示している。発電分野に関しては、発電所ごとに民営化を進めており、既に Ratchaburi 発電所を2000年10月に株式公開し民営化する一方、EGAT は民間の電力事業参入を促進するため、IPP(Independent Power Producers)及び SPP(Small Power Producers)からの電力購入を積極的に推し進めることとしている。

（２）IPP の状況

IPP に関しては、EGAT は1994年12月に IPP の第1回入札を行い、37グループが応募し、7グループ(合計5,943.5MW)が落札した。さらに EGAT では2016年までに追加で18,300MW 分を IPP から電力購入する方針だが、先に落札した7グループの内の2グループ(2,134MW)は、環境問題により地域住民の強い反対運動のため、建設予定地を変更し、燃料を石炭焚から天然ガス焚に変更する等の大幅な計画見直しとなった。

（３）SPP の状況

SPP については、1992年に施行されたエネルギー保護促進法に基づき、EGAT は300MW までの電力を SPP から購入する方針を発表、これによって各 SPP は最大90MW までの電力を EGAT に販売できるようになった。その後、順次 EGAT の購入規模が拡大され、1997年には66社(2,828MW)のプロポーザルが承認された。しかしながら、その直後に起こった経済危機の影響により、EGAT は既に契約済みの SPP に対して、計画の遅延ないしはキャンセルを認めた。この結果、2003年2月現在の販売契約済み電力量は2,419.9MW となっている。

1.3 当該プロジェクトに関わるエネルギー関連政策、環境政策等

1.3.1 エネルギー関連政策

（1）エネルギー管理体制

タイのエネルギー政策は、工業省、大蔵省、国防省等の関与する国家エネルギー政策評議会(NEPC: National Energy Policy Council)が担当しており、政府部内や関係機関の政策調整、立案などをエネルギー政策計画局(EPPO: Energy Policy and Planning Office)が行っている。これに加えて、エネルギー資源の管理を担当する鉱物資源局(DMR: Department of Mineral Resources)、エネルギー関連データ管理等を行うエネルギー管理局(NEA: National Energy Administration)が実務を担当している。

事業体としては、電力事業の発電公社、石油事業の国営石油公社（PTT）が中核となっているが、PTT は2001年10月に株式会社に改組され「PTT Public Co., Ltd.」となり、政府保有株式はそれまでの100％から65.5％となっている。両社は2002年10月の省庁改編に伴い、新設されたエネルギー省に移管されている。

（2）EGAT の再生可能エネルギーに関する方針

タイにおいては、再生可能エネルギーの重要度は高く、特に地方においては、薪が家庭での主要なエネルギーとなっているなど、再生可能エネルギーへの依存度が高い。タイ政府は、配電網が届いていない遠隔地での太陽電池や、養豚場のバイオガスといった新たな再生可能エネルギーの導入に力を入れている。

また、自動車用の代替エネルギーとして、有害性が指摘されている MTBE(Methyl Tertiary-Butyl Ether)の代わりにエタノールを添加したり、ココナツオイルをディーゼルオイルの代用とすることが検討されている。

EGAT で最も重要視している再生可能エネルギーは水力発電であり、タイの包蔵水量ポテンシャルは約15,000MW と推定されているが、これまでに開発された水力は30％にも満たない。残る70％以上の水力ポテンシャルに関しては、主に環境上の理由から、当面は開発を見送らざるを得ない状況にある。

こうした状況下、EGAT では、再生可能エネルギーの利用促進を進める政府の方針を受け、SPP による再生可能エネルギー事業からの電力購入を推進している。

これによって、民間事業者による発電事業参入を促し、政府の投資抑制を図ると同時に、国産のエネルギー資源の利用効率化と農業・産業廃棄物などの利用促進を目指している。

特に、籾殻やバガスなどバイオマスについては、これまでタイ国内における需要が低く、農業廃棄物として焼却するか投棄されており、その処分は深刻な問題となっていたこともあり、有望な代替燃料と考えられている。

1.3.2 環境の現況及び政策等

（1）環境基準

バイオマス発電の実施を想定した場合に関係が深いと思われる、大気、水質等の規制・基準は以下の通りである。

① 大気

a．環境基準

大気環境基準は表 1-18 に示す通りである。

表 1-18　　大気環境基準

項目 1)	1 時間平均値		8 時間平均値		24 時間平均値		1 ヵ月平均値		年平均値 2)		測定法
	㎎/m^3	ppm	㎎/m^3	ppm	㎎/m^3	ppm	㎎/m^3	ppm	㎎/m^3	ppm	
一酸化炭素 / CO	34.2	30	10.26	9							非分散式赤外線式
二酸化窒素 / NO_2	0.32	0.17									気相化学発光法
二酸化硫黄 / SO_2 3)	0.78	0.30			0.30	0.12			0.10	0.04	蛍光紫外線分析
粉じん / TSP					0.33				0.10		重量法大容量サンプラー
10μ以下の粒子状物質					0.12				0.05		重量法大容量サンプラー
オゾン / O3	0.20	0.10									気相化学発光法
鉛/ Pb							1.5				原子吸光光度法

1）すべて 1 気圧 25℃
2）幾何平均値
3）1 時間二酸化硫黄基準。ただし、メモ地区では 1.3 mg/m^3、その他の地区では 0.78mg/m^3
＜資料＞・Pollution Control Department , Ministry of Science, Technology and Environment, *Laws and Standards on Pollution Control in Thailand 4th Edition*, 1997 年 10 月

b．排出基準

大気排出基準は表 1-19 に示す通りである。

表 1-19　　大気排出基準

項目	排出源	基準値
粉じん	ボイラー及び炉	
	-重油を燃料とする	300mg/Nm^3
	-石炭を燃料とする	400mg/Nm^3
	-その他の燃料	400mg/Nm^3
	鋼鉄/アルミニウム 製造	300mg/Nm^3
	その他	400mg/Nm^3
アンチモン/ Sb	すべての排出源	20mg/Nm^3
ひ素/ As	すべての排出源	20mg/Nm^3
銅/ Cu	炉または精練所	30mg/Nm^3
鉛/ Pb	すべての排出源	30mg/Nm^3
塩素/ Cl	すべての排出源	30mg/Nm^3
塩化水素/ HCl	すべての排出源	200mg/Nm^3
水銀/ Hg	すべての排出源	3mg/Nm^3
一酸化炭素/ CO	すべての排出源	1,000mg/Nm^3 または 870ppm
硫酸/ H_2SO_4	すべての排出源	100mg/Nm^3 または 25ppm
硫化水素/ H_2S	すべての排出源	140mg/Nm^3 または 100ppm
二酸化硫黄/ SO_2	硫酸生産物	1300mg/Nm^3 または 500ppm
	石油を燃料とする燃焼過程 [2)]	1,250ppm
窒素酸化物/NO_X	ボイラー	
	-石炭を燃料とする	940mg/Nm^3 または 500ppm
	-その他の燃料	470mg/Nm^3 または 250ppm
キシレン	すべての排出源	870mg/Nm^3 または 200ppm
クレゾール	すべての排出源	22mg/Nm^3 または 5ppm

1）すべて 25℃、1 気圧、20%の状態

2）バンコク都及びサムットプラカーン県に位置する工場にのみ適用

＜資料＞・工業省告示 1993 年第 2 号（Notification of the Ministry of Industry No.2, 1993）

・工業省告示 1995 年第 9 号（Notification of the Ministry of Industry No.9, 1995）

・工業省告示 1997 年第 3 号（Notification of the Ministry of Industry No.3, 1997）

② 水質

a．環境基準

水質に関する環境基準としては、河川、湖沼の表流水、海岸、飲料水について設定されている。このうち表流水の環境基準については、対象水域を利水目的にあわせて 5 ランクに区分（表 1-20）し、各区分別に 27 項目の基準値が示されている（表 1-21）。

表 1-20　　表流水の利水目的別分類

級別	条件及び受益者
1 級	特別に洗浄で新鮮な表流水源で、次に利用されているもの （1）非消費。水処理を必要としない。ただし、通常の滅菌処理だけは必要 （2）基本的な生物体が自然に繁殖していけるような生態系保存
2 級	非常に洗浄で新鮮な表流水源で、次に利用されているもの （1）使用の前に通常の水処理工程をして消費 （2）漁業の存続や助けになる水生生物の保護 （3）漁業 （4）レクリエーション
3 級	中程度に洗浄で新鮮な表流水源で、次に利用されているもの （1）消費用。使用の前に通常の水処理工程を要す （2）農業
4 級	いくぶん洗浄で新鮮な表流水源で、次に利用されているもの （1）消費用。使用の前に通常の水処理工程を要す （2）工業 （3）その他の活動
5 級	1～4 級に区分されない水源で、次に利用されているもの （1）水上交通

＜資料＞・国家環境委員会告示 1994 年第 8 号（Notification of the National Environmental Board, No. 8, A.D.1994）

表 1-21　　表流水（河川、湖沼）の環境基準

（mg/liter）

項目	統計値	級ごとの基準値				
		1	2	3	4	5
Color,odor and Taste/色度、臭気、味	-	n	n	n	n	-
Temperature/ 温度（℃）	-	n	n′	n′	n′	-
pH	-	n	5-9	5-9	5-9	-
DO:Dissolved Oxgen/溶存酸素	20%値	n	6	4	2	-
BOD/生物化学的酸素要求量(5 日 20℃)	80%値	n	1.5	2.0	4.0	-
Coli. Bacteria/大腸菌（MPN/100ml） -Total Coliform/全大腸菌 -Fecal Coliform/糞便性大腸菌	 80%値 80%値	 n n	 5,000 1,000	 20,000 4,000	 - -	 - -
NO_3-N/硝酸性窒素	最大許容	n	5.0	5.0	5.0	-
NH_3-N/アンモニア性窒素	〃	n	0.5	0.5	0.5	-
Phenol/フェノール	〃	n	0.005	0.005	0.005	-
Cu/銅	〃	n	0.1	0.1	0.1	-
Ni/ニッケル	〃	n	0.1	0.1	0.1	-
Mn/マンガン	〃	n	1.0	1.0	1.0	-
Zn/亜鉛	〃	n	1.0	1.0	1.0	-
Cd/カドミウム	〃	n	0.005* 0.05**	0.005* 0.05**	0.005* 0.05**	-
Cr^{6+}/6 価クロム	〃	n	0.05	0.05	0.05	-
Pb/鉛	〃	n	0.05	0.05	0.05	-
T-Hg/全水銀	〃	n	0.002	0.002	0.002	-
As/ひ素	〃	n	0.01	0.01	0.01	-
T-CN/全シアン	〃	n	0.005	0.005	0.005	-
Radioactivity/放射能（Bq./liter） -総量 （alpha） -総量 （beta）	〃	 n n	 0.1 1.0	 0.1 1.0	 0.1 1.0	 - -
Pescticides/殺虫剤	〃	n	0.05	0.05	0.05	-
DDT/ｼﾞｸﾛﾛｼﾞｪﾌｪﾆﾙﾄﾘｸﾛｴﾀﾝ（μg/liter）	〃	n	1.0	1.0	1.0	-
α-BHC/ﾍﾞﾝｾﾞﾝﾍｷｻｸﾛﾗｲﾄﾞ（μg/liter）	〃	n	0.02	0.02	0.02	-
Dieldrin/デルドリン（μg/liter）	〃	n	0.1	0.1	0.1	-
Aldrin/アルドリン（μg/liter）	〃	n	0.1	0.1	0.1	-
Heptachlor & Heptachlor epoxid/ﾍﾌﾟﾀｸﾛｰﾙ及びﾍﾟﾌﾟﾀｸﾛﾙｴｷｽﾎﾟｻｲﾄﾞ（μg/liter）	〃	n	0.2	0.2	0.2	-
Endrin/エルドリン（μg/liter）	〃	n	none	none	none	-

1）n＝自然な状態
2）n'＝自然な状態、ただし温度変化は 3℃を超えないこと
3）* ＝水の硬度が $CaCO_3$ として 100mg/liter より多くない場合
4）** =水の硬度が $CaCO_3$ として 100mg/liter より多い場合
＜資料＞・国家環境委員会告示 1994 年第 8 号（Notification of the National Environmental Board, No. 8, A.D.1994）

ｂ．排水基準

工場排水に係る排水基準は表 1-22 に示す通りである。

表 1-22(1)　　工場排水基準

項目	基準値
pH	5.5 - 9.0
TDS:Total Dissolved Solids/ 全溶解固形物	最高基準値 3,000 mg/liter、または公害規制委員会の判断によるが、次の場合は 5,000 mg/liter を超えてはならない 1）流入水が塩分を含みかつ TDS 値が 2,000mg/liter 以上の場合 2）海に放流する場合
SS: Suspended Solids/浮遊物質	最高基準値 50mg/liter 、または公害規制委員会の判断によるが、150mg/liter を超えてはならない
Temperature/温度（℃）	40℃以下
Color & odor/色度　臭気	不感知
Sulfide/硫化物（H_2S 態）	1.0mg/liter 以下
Cyanide/シアン化物（HCN 態）	0.2mg/liter 以下
Heavy metals/重金属類 Zn/亜鉛 Cr^{6+}/6 価クロム Cr^{3+}/3 価クロム As/ひ素 Cu/銅 Hg/水銀 Cd/カドミウム Ba/バリウム Se/セレン Pb/鉛 Ni/ニッケル Mn/マンガン	 5.0mg/liter 以下 0.25mg/liter 以下 0.75mg/liter 以下 0.25mg/liter 以下 2.0mg/liter 以下 0.005mg/liter 以下 0.03mg/liter 以下 1.0mg/liter 以下 0.02mg/liter 以下 0.2mg/liter 以下 1.0mg/liter 以下 5.0mg/liter 以下
Fat, Oil and Grease/油脂分	最高基準値 5 mg/liter、または公害規制委員会の判断によるが、15mg/liter を超えてはならない
Formaldehyde/ホルムアルデヒド	1.0mg/liter 以下
Phenol/フェノール	1.0mg/liter 以下
Free Cl/遊離塩素	1.0 以下
Pesticides/殺虫剤	不検出

表 1-22(2)　　工場排水基準

BOD/生物化学的酸素要求量	最高基準値 20mg/liter、または公害規制委員会の判断によるが、次の業種の場合は 60 mg/liter を超えてはならない 1）毛皮工場 2）澱粉工場 3）澱粉による食料品工場 4）動物用食品工場 5）織物工場 6）製革工場 7）パルプ・紙工場 8）化学工場 9）製薬工場 10）冷凍食品工場
TKN/全ケルダール窒素	最高基準値 100 mg/liter、または公害規制委員会の判断によるが、次の業種は 200mg/liter を超えてはならない（告示の公示 2 年後から有効） 1）食品工場 2）動物用食品工場
COD/化学的酸素要求量	最高基準値 120mg/liter、または公害規制委員会の判断によるが、次の業種は 400mg/liter を超えてはならない 1）食品工場 2）動物用食品工場 3）織物工場 4）製革工場 5）パルプ・紙工場

＜資料＞・科学技術環境省告示 1996 年第 3 号（Notification of the Ministry of Science, Technology and Environment, No.3,1996）
・科学技術環境省告示 1996 年第 4 号（Notification of th h e Ministry of Science, Technology and Environment, No.4, 1996）
・公害規制委員会告示 1996 年第 3 号（Notification of the Pollution Control Committee, No.3,1996）

c．その他（騒音）

騒音については一般環境における環境基準と作業環境基準が定められているだけで、産業活動等を対象とした規制は設けられていない。

（2）環境の現況

タイの経済発展に伴い、水質や大気等の環境を巡る状況は厳しい状態が続いており、経済活動は環境問題の原因となっている。タイ政府は、サムットプラカン廃水処理場への投資のように、環境問題解決のための努力をしているが、地域の環境と生活への悪影響を懸念する地域住民の反対により、建設は進捗していない。サムットプラカン廃水処理場や他の処理場建設をめぐる問題のような、地域住民と政府の対立は、汚染源からの排出の削減や、適切な管理手段の確立その他の解決方法が示されない限り、常に起こりうる。

① 水質汚染

タイにおける最も重要な環境問題の一つである水質汚濁は、2000 年 - 2001 年には 1999 年より改善し、公害管理局がモニターしている 51 の測定点の内、水質が「悪い」とされたのは 18 箇所で、「特に悪い」とされたのは 1 箇所となっている。主要な汚染源は都市部の大規模なコミュニティーから河川への排水であり、都市部を通過する河川では大腸菌が環境基準を上回る高いレベルで検出されている。水質に関するもう一つの問題は、特に北部で顕著に見られる濁りで、土壌の流失に起因し、水棲動物とその生態系に悪影響を与えている。

公害管理局による、タイ全土で水源となる 47 の河川と 4 つの湖沼の水質をモニターした概況(2000 年)は表 1-23 に示す通りである。

表 1-23　　タイの水質の概況

水質状況	適用可能な用途	水源地数	%
特に良い	水生動物に適し、通常の浄化で飲用可能	0	0.0%
良い	漁業及びレクリエーションに適し、浄化処理により飲用可能	9	18.0%
普通	農業に適し、浄水処理により飲用可能	23	45.0%
悪い	工業に適し、特別な浄水処理により飲用可能	18	35.0%
特に悪い	交通に適する	1	2.0%

② 大気汚染

大気汚染に関しては、バンコク首都圏は経済発展に伴い年々悪化しているものの、タイ全土で見ると深刻な問題にはなっていない。バンコク首都圏における主要な大気汚染源は、自動車、交通渋滞、建設現場からの排出によるものである。最も重要な汚染は煤塵であり、特に浮遊粒子状物質(PM-10)が問題である。公害管理局が行った 2000 年の調査によると、最も汚染されていたパホンヨチン通りの陸運局前では、環境基準値 120 μg/㎥に対して、24 時間の平均値が 244 μg/㎥に達していた。地方においては、主要都市周辺と工業地域で問題となっているが、バンコク首都圏と比べれば、深刻なレベルには至っていない。

2000 年に公害管理局が実施した、バンコク市内における大気汚染調査の概況は表 1-24 に示す通りである。

表 1-24　バンコクの大気汚染の概況

	測定値	平均値	環境基準
総煤塵(24hr) mg/m^3	0.02-0.33	0.09	0.33
煤塵(PM-10) (24hr) μg/m^3	18.6-69.4	56.1	120.0
CO(1hr) ppm	0.00-12.50	0.96	30.0
CO(8hr) ppm	0.00-8.20	0.97	9.0
Pb(monthly) μg/m^3	0.02-0.33	0.09	1.5
O_3(1hr) ppb	0.00-203.0	15.6	100.0
SO_2(1hr) ppb	0.00-161.0	6.7	300.0
SO_2(24hr) ppb	0.00-76.4	6.7	120.0
NO_2(1hr) ppb	0.00-136.0	22.8	170.0

③　発電所建設に対する反対運動の動向

a．タイの住民運動の概況

現在、タイでは環境問題に対する住民運動が高まりを見せており、新規案件を実施する場合、周辺環境及び地域住民への配慮・対策は不可欠のものとなっている。タイ湾のタイ・マレーシア国境の共同開発地域(JDA: Joint Development Area)のガスパイプライン建設計画では、パイプライン建設が予定地であるタイ南部の周辺住民が反対運動を展開し、2 年以上にわたり計画が遅延した。2003 年 2 月になり、タイ政府は建設着工を強行したが、住民のデモ隊と警官隊が衝突を起す等、現在も緊張は続いている。

2001 年には、バンコク都が推進するバンコク市内オンヌット地区のゴミ焼却炉建設計画に対し、NGO と一部住民が反対運動を展開、同計画の FS 調査に協力していた国際協力銀行(JBIC)に対して抗議行動を行う等の事件も発生している。

最近では、タイ南西部に位置するプラチュアップキリカン県の IPP による石炭火力発電所建設計画が、地域住民の強い反対運動から建設予定地変更を伴う大幅な計画変更に追い込まれている。

b．IPP 発電所建設計画の現状

タイでは、1992 年に当時のアナン政権が IPP からの電力購入プログラムの導入を決定し、1996 年には EGAT が IPP プログラムの 7 事業者からの電力購入を認可し、1997 年までに各事業者との電力売買契約を締結していたが、1997 年 7 月の通貨危機によりバーツが暴落したため、各社との売買契約の見直しとなった。

その後、認可を受けた 7 事業者の内、天然ガスベースの 4 案件については、2002 年 4 月までに建設が完了し、EGAT への売電が開始された。石炭ベースの 3 案件に関しては、BLCP Power 社のマプタプット発電所計画については、予定通り建設に着工し、2006 年から EGAT への売電を行うが、残る Union Power 社のヒンクルード発電所計画(1,400MW)と、Gulf Power 社のボーノーク発電所計画(734MW)は、周辺住民の強い反対運動により、燃料及び建設地の変更を伴う、大幅な計画の見直しに追い込まれている。

ヒンクルード、ボーノークの 2 発電所案件は、元々1998 年の着工を予定していたが、地域住民の反対運動が激しく、公聴会等の対話も成り立たず、計画が 6 年にわたって遅延した。その間事業者と住民の対立は深刻化し、NGO の煽動によって一部住民が道路封鎖を行う等の逸脱した抗議行動にまで発展し、2002 年 10 月には EGAT が両発電所からの買電を 3 年延期する決定をした。しかしながら、両発電所が建設されなければ、2006 年以降には電力準備率が危機的水準にまで低下すると主張するエネルギー当局の見解、また政府の判断で計画を廃止した場合、事業者に対して莫大な補償義務が発生するという事情もあり、2003 年 2 月に入り、政府は両発電所について建設予定地を変更し、また燃料を石炭ベースから天然ガスベースに変更することで、計画を推進することを決定した。この結果、Union Power 社のヒンクルード発電所は、ラチャブリ発電所内に建設予定地を変更することとなり、Gulf Power 社のボーノーク発電所は、バンコク北東のサラブリ県に移転することで決着した。両案件とも 2008-2009 年からの売電開始を予定している。

（３）環境影響評価（EIA）

環境影響評価制度は、1992年に制定された国家環境保全推進法（Enhancement and Conservation of National Environment Quality Act）に基づいて実施されている。

国家環境保全推進法はタイ唯一の環境法であり、環境影響評価の実施が義務づけられているだけでなく、各種環境基準が本法に基づいて設定されている。

①　対象事業及び手続

環境影響評価の対象事業としては、表1-25に示す29種類の事業があげられている。対象事業に係る開発を実施する場合は、事業者が環境影響評価報告書を2部作成し、環境政策・環境計画事務局及び事業所管官庁に提出する。環境影響評価報告書の手続の流れは図1-1に示す通りである。

環境影響評価報告書には、

・事業計画の概要
・事業予定地域の現状の各種環境データ
・事業実施による環境影響の評価
・環境影響を防止または最小化するための緩和措置の内容及び必要な費用
・大気・水質の環境モニタリング計画　　等

を記載する必要がある。

なお、発電所については10MW以上の場合が対象事業となっている。

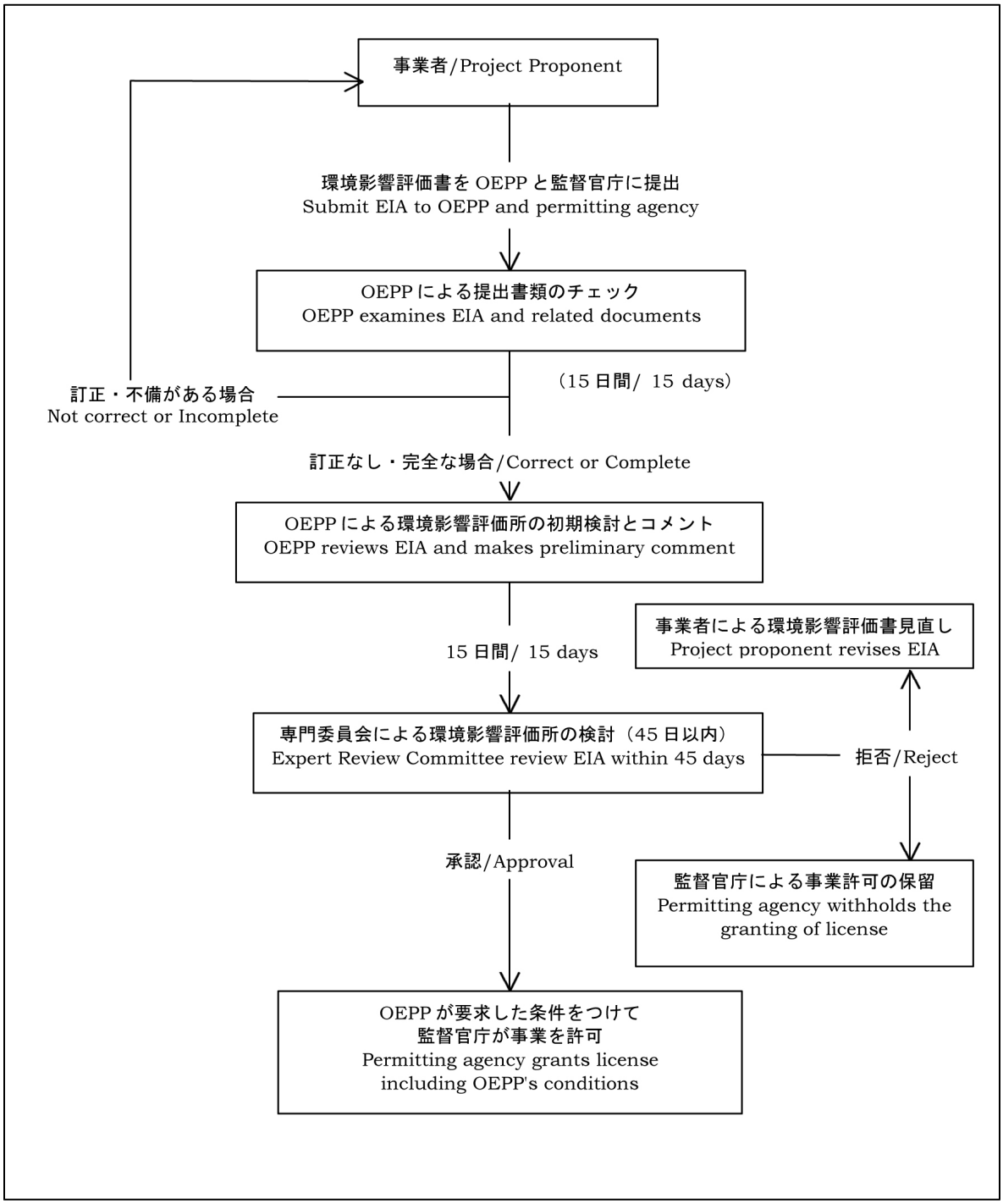
表1-25(1)　　環境影響評価の対象事業

プロジェクト　事業の種類	規模
ダム　貯水池	貯蔵量 100,000,000 m^3 以上、あるいは表面積 15 km^2 以上
かんがい	かんがい面積12,800ha以上（80,000ライ）
高速道路法に定義される以下の地域を通過する、高速道路または一般道路: 1）野生動物保護管理法で定義されている野生動物生育地と禁獣区 2）国立公園法で定義されている国立公園 3）内閣決議によって２級として分類された水域 4）国立森林指定区に指定されているマングローブ森林（河口に生じる森林性の樹木） 5）満潮時に海岸が50m以内になる地域	既存の道路の増補を含む地方の高速道路に適用される最低基準と同等、またはそれ以上のすべてのプロジェクト
民用港	正味500t以上の船舶を許容するもの
民用空港	規模を問わず
「大量輸送システムと高速鉄道に関する法律」にもとづく大量輸送システム及び及び類以施設、並びにレールを用いる大量輸送	規模を問わず
海岸の埋立地	規模を問わず
内閣が１級（2）の水地域内であることを認証した地域の中に立地するすべてのプロジェクト	規模を問わず

表 1-25(2)　　環境影響評価対象事業

石油化学工場	生産能力 100t/日以上（石油や天然ガスの分離物から製造された原料）
石油精製	規模を問わず
天然ガスの分配または製造	規模を問わず
炭酸ナトリウム、水酸化ナトリウム、塩化水素、塩素、次亜塩酸ナトリウム、漂白剤の製造原料として塩化ナトリウムを用いるソーダ工業	生産能力 100 トン/t 以上
鉄鋼	生産能力 100t/日以上（この生産能力は加熱炉を 1 日 24 時間稼働した場合の生産能力)
セメント工場	規模を問わず
その他の鉄と鉄鋼工場	生産能力 50t/日以上
パルプ工場	生産能力 50t/日以上
殺虫剤工場	規模を問わず
化学肥料工場	規模を問わず
工場法による廃棄物処理場	規模を問わず
砂糖工場 1）砂糖原料、白糖、精製された砂糖の生産 2）ブドウ糖、デキストロース、フルクトースまたはその種の生産	 規模を問わず 生産能力 20t/日以上
タイ国工業団地法で規定の工業団地、及び類以の事業	規模を問わず
発電所	発電容量 10 MW 以上
石油開発 1）地球物理学的削岩、探査と生産 2）石油とガスのパイプライン設備	 規模を問わず 規模を問わず
鉱業資源法による採鉱	規模を問わず
ホテル、リゾート施設	80 部屋以上
建設規制法による住居用建物	80 部屋以上
川、海岸地帯、湖、海岸線、国立公園付近または歴史的な公園の環境近隣の建物	高さ 23 m 以上、または全階を合せたまたは個々の階の床面積が 10,000m^2 以上のもの
住居または商業の土地分配	500 ランドスポット以上、開発された地域が 100 ライル（16ha）を超えるもの
病院 1）川、海岸地帯、湖、海岸線に隣接した地域 2）1）以外の地域	 1）患者用ベッド 30 以上 2）患者用ベッド 60 以上

＜資料＞・Technical Section of Environmental Impact Evaluation Division, Office of Environmental Policy and Planning, MOSTE, *Environmental Impact Assessment in Thailand*, 1996 年 1 月



＜資料＞・Technical Section of Environmental Impact Evaluation Division, Office of Environmental Policy and Planning, MOSTE, *Environmental Impact Assessment in Thailand*, 1996 年 1 月

図 1-1　　環境影響評価の手続の流れ

1.4 CDM に対する方針、動向

タイ政府は、社会・経済の持続的開発を掲げ、循環型社会構築のために、環境保全及び天然資源の有効利用促進を進めている。第9次国家経済社会開発計画の中でも、基本戦略の一つと位置付けている。

タイは1995年3月に気候変動枠組条約を批准し、さらに2002年8月には京都議定書を批准している。京都議定書においては、タイは非付属書Ⅰ国であるため、温暖化ガス削減義務を課されていないが、各政府機関に対して環境保護及び温暖化ガス放出量削減に努めるよう指示が出されている。また、その際京都議定書による責務遂行及び CDM に係わる業務を遂行する機関として、科学技術環境省(当時、現天然資源環境省)を指名した。天然資源環境省では、CDM 事業承認手続の整備を行っており、既に Project Design Document(PDD)提出の体制も整えている。

タイ政府としては、CDM 事業に対して基本的にオープンなスタンスを取っており、タイの国益に適う、社会・経済の持続的開発に寄与することが証明される案件であれば、事業を承認するとしている。一方では、タイが近い将来に環境先進国入りすることを想定し、それまでは国内の CDM 市場を海外企業から守るべきであるという意見もある。特に国家としての優先順位が低い、森林・植林分野での CDM 事業推進には消極的な姿勢が見られる。

こうした状況において、タイで CDM 案件を推進していくには、エネルギー分野などタイにとって優先順位の高い分野での取組が有望と思われる。

第２章　プロジェクトの立案

2.1 プロジェクト概要

本プロジェクトの目的は、サトウキビ栽培の過程で収穫残渣として畑に残されているサトウキビの枯葉部分（trash）をバイオマス燃料とし、これにライスハスク（籾殻）も加えてバイオマス発電をすることによって地球温暖化対策に資することである。

対象サイトとしては 2002-2003 年（収穫期は 2002 年 12 月～2003 年 4 月）における Cane（砂糖成分が含まれているサトウキビの茎部分）の年産が 104 万トンであるタイの Rajburi 製糖工場を選定した。燃料としては、この工場が契約しているサトウキビ農家から新たに収集する trash を対象とする。本プロジェクトでは、主にこの燃料を製糖期に使用して発電するが、非製糖期はライスハスクを購入してバイオマス発電を継続し、これらを EGAT に売電する計画を立てている。ただし、trash 部分は現在、畑に鋤き込んで肥料等に役立てていることから全量を燃料にすることはできない。砂糖の収穫に影響を与えない範囲でバイオマス燃料に利用できる妥当な量を検討し、農業面でもエネルギー面でも持続的発展可能なシステムを構築する。

また、廃糖蜜（砂糖を抽出した後に残る残渣液）にはまだ糖分が残っているため、これを原料としてアルコールを醸造することができる。発電で必要な蒸気の一部をこれらの工場に熱供給するコージェネレーション（熱電併給）も検討する。

2.2 プロジェクト実施企業の概要

プロジェクト実施企業は図2.2-1に示すように、Ratchaburi県のBan PongにあるRajburi Sugar Co., Ltd.である。同社のサトウキビの生産高は2002-2003年実績では1,043,477t/年、作付け面積は108,250Rai（1Rai＝1,600m^2）であった。2001-2002年のタイ全土のサトウキビ生産高は5,949万t/年であり、この年の同社の生産高は86万t/年であったのでタイ国内に占める割合は1.4%である。

会社設立は1985年12月、資本金は2億Baht、2004年2月現在、従業員は230名である。

財務内容は添付資料 1 に示すように、1999 年度(1998 年 12 月～1999 年 11 月)までは累積損失があったが、2000 年度に累損解消後、2002 年度まで 3 期連続して順調に増収増益を続け、繰越利益 238 百万 Baht を積み上げている。

2002年度で見ると、総資産969百万 Baht に対して923百万 Baht の売上を記録しており、装置産業である製糖会社としては、効率の良い資産運用をしている。

製糖事業に関連した同社の取り組みは以下の通りである（添付資料2）。

- 農民によるサトウキビ栽培、収穫の効率改善や経費節減を助けるために、ハーベスタ、ケーンピッカー、トラクタ、耕運機等の機器を用意している。
- Norng Punchan Project と呼ばれる新しい灌漑システムを開始した。これはアジア開発銀行による9,600万 Baht の資金を受けて行ったもので、対象は630エーカー以上、147農家に及んでいる。
- Financially Secured Cane Farmers Project の下で、研究機関とともに、ハーベスト計画、技術向上、機械化による省力化、土と環境のための化学肥料から有機肥料への移行等を通して農民への教育プログラムを開始した。
- 1999年3月に ISO9002を、また、2001年4月には ISO14001を取得し、品質管理、環境管理に注力している。
- 1994年から EGAT に電力供給している。

図2.2-1　　プロジェクト実施サイト

2.3 プロジェクトの内容

2.3.1 プロジェクトの基本計画・方針

本プロジェクトは、主に製糖期には trash を、非製糖期にはライスハスクを燃料としてバイオマス発電をし、CDM プロジェクトとする計画である。trash の収集は、ハーベスタによる Cane の機械収穫時にハーベスタ後部に取り付けたコンテナに trash を取り込むことで、人力による収集の手間を省き、コストダウンを図る。trash の量については年間を通して発電できる量を確保することは困難であるため、残りの期間についてはライスハスクを購入して売電を継続する。

ただし、trash 部分は現在、畑に鋤き込んで肥料にしていることから全量を燃料にすることはできない。サトウキビ畑の地力低下を招かない trash 収集割合を検討し、バイオマス燃料に利用できる妥当な trash 量を検討する。ボイラーに残った燃焼灰はサトウキビ畑に還元し、肥料とする。

また、廃糖蜜を原料としてアルコールを醸造する工場を誘致し、発電で使用した蒸気の一部をこの工場に熱供給するコージェネレーションも検討する。ただし、アルコール工場については本プロジェクトのスコープ外とする。

2.3.2 プロジェクトサイトの状況

当初の提案段階では以下のようなプロジェクトを想定していた。

- 既設のボイラー、タービン、発電機を高温高圧の蒸気で発電できる設備に改善し、効率改善による効果で売電量を増やして温暖化対策をする。
- 余剰のバガスやライスハスクを燃料にして、通年でバイオマス発電をする。
- 野積みのバガスから発生しているであろうメタンを抑制する方法、設備を検討する。
- 余剰蒸気をドライフルーツやアルコールの製造工場に供給し、コージェネレーションを行う。

しかし、現地工場からのヒアリングの結果、以下のことが判明した。

- 既設のタービン、発電機の一部は老朽化しており、緊急に改修する必要が生じたため、2003 年 9 月の時点ですでに新たに 10MW の設備を建設しつつある。当分は新設備を導入する計画はない。なお、新設の 10MW を建設する方針については 2003 年 5 月ごろに急遽決定した。
- 現在は余剰となっているバガスは新設備を導入することから使い切ることになるだろう。
- 一方、trash については未だ誰も燃料にしている所はないので、豊富に入手できる。現在は畑で農夫が trash を切り落として Cane だけをトラックに積み込んでいる。ハーベスタによる収穫でも Cane だけを回収し、trash は畑に放置している。
- 製糖工場で砂糖を製造した残りの廃糖蜜は現在、売却しているが、これを原料にアルコールを醸造することは検討に値する。コージェネとしての対象に考えてもよい。
- Rajburi 製糖工場では Cane の収穫作業における効率化のために、ハーベスタという機械収穫装置の導入を進めており、今年は 10 万トン程度の収穫に使用した。
- タイのビジネスはスピードが速くなくては時代遅れになってしまう。できるだけ前倒しで進めてほしい。

以上の状況を踏まえて Rajburi 社と協議の上、代替案として以下のような設備設計に変更した。

・本プロジェクトの設備は既設製糖工場に隣接した敷地に既設とは切り離して、新たに10MW 規模のボイラー、タービン、発電機を新設する。
・ハーベスタで収穫している畑では、収穫時に機械で Cane から trash を切り離して Cane だけをトラックに積み込み、trash は畑に吹き飛ばしている。この trash を収集するコンテナをハーベスタに特別に付加することにより、trash の 70%を収集する。
・製糖期はこの trash を燃料に発電し、8MW 程度を EGAT に売電する。
・非製糖期はライスハスクを購入し、バイオマス発電を継続する。
・熱供給先としては廃糖蜜からアルコールを醸造する工場を隣接して建設することを想定して、ここに 7t/h 程度の蒸気を送り込んで熱の有効利用を図る。

一方、タイ国における今後の電力買い取りに関する方針については EGAT からヒアリングを行い、以下の情報を得ている。

・タイでも RPS(Renewable Portfolio Standard)制度の導入を検討しており、今後、総エネルギー供給量の 4%を再生可能エネルギーで賄う目標を検討している。再生可能エネルギーはバイオマス、風力、太陽光が中心となるだろう。
・現在、Rajburi 製糖工場には 22kV の送電線が引かれており、その許容量は 8MW までである。

また、天然資源環境省からは以下のような情報を収集し、本プロジェクトが CDM としての実現可能性が十分あることを確認している。

・タイ政府としては CDM を受け入れる体制を整えつつある。DNA(Designated National Authority)として National CDM board を設立した。
・CDM プロジェクトとしての優先度は、再生可能エネルギーと省エネルギーが高い。

2.3.3　燃料として使用するバイオマス（バガス、trash 等）の概要

（1）サトウキビの栽培・収穫について

①　サトウキビの栽培状況

a．作型

タイの Rajburi 製糖工場周辺におけるサトウキビ栽培は、次の作型で実施されている(図 2.3.3-1）。3 年周期の株出栽培(収穫後に残した株から萌芽させる栽培方法)である。(写真 2.3.3-1～2 参照)

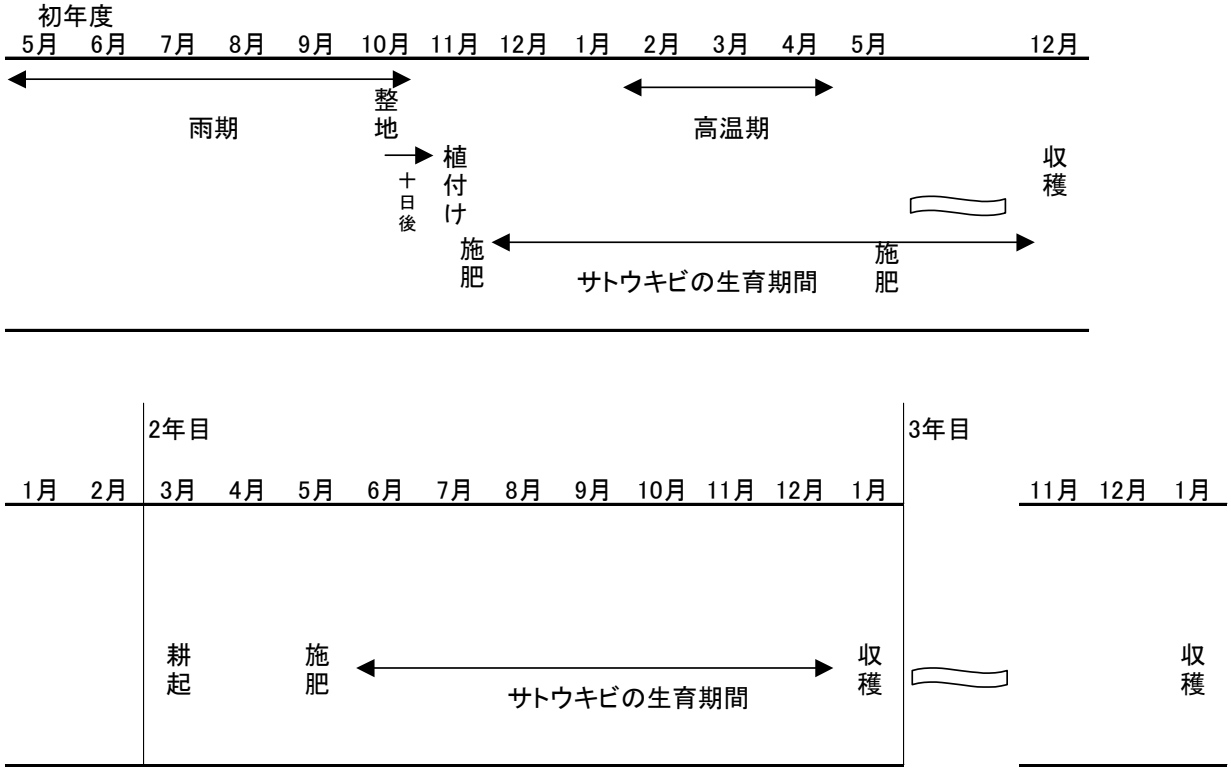


図 2.3.3-1　　タイにおけるサトウキビ栽培の作型

収穫前のサトウキビ、草丈は 2m から 3m 程度である。
現地では CT&L（上部の緑葉部分）（Cane Top and Leaves)と trash（茶色の葉部分）が収穫時に切り落される。

撮影：2003.10.12

写真 2.3.3-1
収穫 1 ヶ月前のサトウキビ

収穫直前のサトウキビ、草丈は 5m 近くに成長している。
trash の部分を手作業によって切り落しているところを撮影したもの。収穫 1 ヶ月前にくらべて、背丈が伸び、trash の相対的割合、絶対量共に増加しているのがわかる。

撮影：2004.2.4

写真 2.3.3-2
収穫時のサトウキビ

タイでは 2 タイプのサトウキビの植付け時期がある。Rajburi においてはモンスーン後の植付けが一般的であるが、モンスーンの開始時に植付けを行う地域も一部に存在している。表 2.3.3-1 に植付けの時期がサトウキビの発芽率、成長量等に与える影響を示す。モンスーン終了後に植付けをするのは風雨が激しく、不定期に訪れるモンスーンの影響を避けるねらいがあるが、モンスーン時に植え付けする場合にくらべて初期成長が遅く、また植付け後の成長も降雨次第で大きく変動する。

表2.3.3-1　植付けの時期の違いがcaneに与える影響

	モンスーン時の植付け	モンスーン後の植付け
発芽率	高い（早い発芽）	低い
成長量	発芽後から高い成長率	初期成長は遅く、その後の成長は降雨量次第
最大株別れ茎の成長	植付けから 4-5 ヵ月後	植付けから8-9ヵ月後 2回のピーク 植付けから5-6ヶ月後 植付けから8-9ヶ月後
収穫時期	10 ヵ月後	12－12.5 ヵ月後

b．品種

タイでは約 20 種類の品種が栽培されている。単一品種を使い続けると病気が発生すると言われるため（いわゆる連作障害）、行政は農家に対して病害対策のため品種を単一ではなく、混ぜて栽培することを推奨している。しかし、Rajburi の農家では 6 年ごとに品種を変えれば病気の発生はほぼ抑えられると考えている。

現地のヒアリングから、サトウキビを 3 年、4 年の周期で栽培する場合、品種を栽培時に混ぜることはなく、品種の変更は作期ごとに行っている。

Surapong (1989)は品種の違いによるサトウキビの収量について調べている(添付資料 3)。F140, Q83, Supan 1, Chainat 1, F172 の 5 つの品種でサトウキビの生育と品種の関係を Donsalab, Phanomthuan, Kanjanaburi で調べたところ、F172 がもっとも高い収量（12.26 ton/Rai）を示し、続いて Chainat 1（12.13 ton/Rai）＞ Supan 1（11.35 ton/Rai）＞ F140（10.11 ton/Rai）＞ Q83（8.22 ton/Rai）の順に収量が高いことがわかった（雨期の植付けの場合）。1Rai あたりの茎数、親株あたりの茎数、茎あたりの節間数、茎の太さ、1Rai あたりのサトウキビ、砂糖の収量も品種間で有意な差が見られている。

最も高い収量の品種と低い収量の間には 1.5 倍近い差が観察されており、このことはバイオマス量の増加において品種の選択が重要であることを示唆している。

品種が収量に与える影響について Prasert (1993) が環境要因を含めて、1975-1990 年のデータから解析している（添付資料 4）。品種の影響は新規植付け、第一回株出し、第二回株出しの順に大きくなっており、環境の影響は逆の順番で大きくなっている。タイで安定して高い収量をもたらす品種として知られる F140 は劣悪な環境下でも高い収量を挙げる一方、同じ高収量品種といわれる U-thong1 や Chainar1 は良好な環境下でのみ高収量をあげると言われている。

サトウキビの収量に品種が大きな意味が持つことは農民の間でもよく認知されている。Somjit（1997）は 142 の農家に対して調査を行っている（添付資料 5）。「農家が最も関心を持っていること」を尋ねたアンケートで、農民からの回答の中で、最も多かったのは「サトウキビの品種」であった。品種の次には「銀行からの融資」、「土壌改良」が続いていた。「現在、営農で悩んでいること」への質問には、「化学肥料の値段が高いこと」、「ねずみの被害」、「害虫、病気への技術的知識の不足」そして「労働力不足」の回答が挙げられている。

Rajburi の地域の実情が Somjit のアンケート結果とどの程度符合するかは、今回訪問した農家の数が限られているため、確認することはできない。訪問した農家に限っていえば品種に対する関心はさほど高くはなかった。

ｃ．栽培管理状況

（ａ）灌水

サトウキビは栽培作物の中でも水要求の高い作物である。吸収された水分は全部が作物体に利用されずに、80%が太陽熱、14%が風、6%が温度や湿度で失われる。1g のサトウキビにつき 50－60g の水が必要になると言われ、その割合から Rajburi 地域でサトウキビがその成長において消費する水分量を計算すると､1 本のサトウキビの成体重量が約 3 kg であるから､1 本のサトウキビは収穫時までに 150－180kg の水を消費している計算になる。地域全体で見ると、昨年 2002-2003 年には 100 万トンのサトウキビが Rajburi 地域で収穫されていることから、5,000-6,000 万トンの水が消費された計算になる。

Rajburi 地域のサトウキビ栽培では、植付けはモンスーンが終わってから行われる。そのため植付け後の気象状態、特に降雨によってサトウキビの生産量は大きな影響を受ける。サトウキビの生育期（2 年目、3 年目で 6 月から 12 月）に月平均 150mm で雨が降ってくれれば、高収穫が期待できると言われている。

表 2.3.3-2 には Rajburi における過去 5 年間のサトウキビ生産量と単位収量の変化を示す。2000-2001 年の収穫量が下がっているのが注目される。この収穫量の減少に降雨量がどの程度関係しているのかを見てみると、2000-2001 年の生育期間内総降水量が他の年にくらべて際立って低い事実は認められないが（表 2.3.3-3）、収穫が始まる直前の 11 月の降水量が 2000-2001 年で低いことが認められる。収穫直前の降水量がサトウキビの収穫量にどの程度影響するかは定かではないが、降雨パターンが作物の生育に重要であることは他の作物についても良く知られており、11 月の低降水量がこの場合、決定的な影響を持った可能性は否定できない。

Rajburi 製糖工場へは工場を中心として半径 70km にも及ぶ広大な地域からサトウキビが搬入されている。そのため場所による降水量の違いが大きい。2000-2001 年に降水量が極端に下がっている地域がある一方、同じ年に逆に高い地域もあり、地域全体を平均化した降水量は大まかな目安となるだけで、サトウキビ収量の予測を表 2.3.3-3 の降水量から行うことは困難である。

表2.3.3-2　Rajburiにおけるサトウキビ生産量と単位収量の推移

収穫年	サトウキビの総生産量 (ton)	栽培面積 (Rai*)	単位収量 (ton/Rai*)
1998-1999	830,841.50	97,460	8.52
1999-2000	825,905.17	96,550	8.55
2000-2001	755,404.20	104,350	7.24
2001-2002	860,690.20	105,150	8.19
2002-2003	1,043,476.86	108,250	9.64

出典: Rajburi製糖工場からの聞き書き

註: 1 Rai* = 1,600 m^2

表2.3.3-3　　ペチャブリ地域の気温（℃）および降水量（mm）

年	月	平均最高気温	最高気温	平均最低気温	最低気温	平均気温	総降水量	24時間の最高降水量	降雨日数
2000	7	32.7	35.2	25.1	23.8	28.6	83.2	43.3	19
	8	33.3	36.1	25.6	24	28.9	28.8	16.2	13
	9	32.4	35.7	24.9	22.9	28.1	163.7	54.9	17
	10	31.5	34.2	23.4	22.9	27.7	371.4	70.1	17
	11	31.5	34	22.2	17.1	26.6	3.7	3.4	3
	12	32.3	35.1	22.9	18.9	27.1	32.7	24.4	4
2001	1	30.7	32.9	23.2	19.3	26.9	3.3	3.3	1
	2	31.8	35.1	23.7	21.7	27.9	0.3	0.3	1
	3	30.5	34.3	24.7	21.6	27.6	273.4	54	13
	4	33.7	35	26.7	25	30.4	24.2	16.9	2
	5	32.5	34.3	25.7	24.5	28.8	176.7	62.1	14
	6	32.9	36.4	25.7	24.9	29	25	11.2	10
	7	32.5	35.5	25.5	23.6	28.9	77.2	42.4	8
	8	32.5	36	25.3	23	28.5	110.9	25.7	15
	9	32.5	36.5	25.2	23.4	28.4	123.7	36.4	13
	10	31.6	34.2	24.4	22.5	27.6	297.3	40.4	26
	11	30.4	33.5	22	18.5	25.8	10.7	7.2	3
	12	30.8	33.5	22.1	17.2	25.9	15.6	15.6	1
2002	1	30.4	33.7	21.5	18.1	25.6	0	0	0
	2	31.0	31.9	23.9	21.3	27.5	0	0	0
	4	33.0	34.3	25.8	24.2	29.5	40.9	29.1	3
	5	33.0	35.6	26.0	23.8	29.3	108.4	38.4	10
	6	33.1	36.9	26.2	25.0	29.1	52.3	22.0	16
	7	33.8	37.5	26.4	23.7	29.5	68.8	31.9	15
	8	32.1	34.7	25.3	23.9	28.2	73.7	12.3	20
	9	31.6	33.9	25.0	23.2	27.9	144.0	39.4	14
	10	32.6	34.1	24.4	22.0	28.4	51.8	19.8	9
	11		34.0		21.1	27.4	136.9	22.0	
	12	31.7	34.3	23.4	21.8	27.3	37.3	29.9	2.0
2003	1	30.7	32.5	20.9	16.5	25.8	0	0	0
	2	31.3	34.0	23.6	19.2	27.7	0	0	0
	3	31.6	33.8	24.6	22.6	28.3	42.2	22.9	7
	4	33.5	34.7	26.1	24.5	30.0	7.3	4.6	2
	5	33.6	36.0	26.3	24.7	29.4	110.6	28.9	14
	6	33.0	34.2	25.9	24.4	29.1	101.8	29.1	11
	7	33.7	36.7	24.6	22.8	28.4	159.4	44.0	22
	8	33.5	36.5	26.2	24.6	29.3	36.3	9.7	17
	9	32.0	35.5	25.3	23.9	28.0	150.4	62.6	17

出典：Meteorological Department, 4353 Sukhumvit Rd. Bangkok

自然降雨量の影響を最小限とするため、Rajburi の一部地域では政府によって灌漑設備が設置されている。全体面積の 30%がこの灌漑の恩恵を受けているが、残り 70%は天水依存となっている。

灌漑地域と天水地域でのサトウキビ生産量の違いは顕著である。灌漑地域での平均サトウキビ生産量が15ton/Raiとするなら、天水に依存した地域のそれは9-10ton/Raiと、2/3にまで生産量は下がる（Rajburi製糖工場でのヒアリング）。

多くのサトウキビ生産国で灌漑は大きな位置を占めており、スワジランドのようにサトウキビ生産を 100%まで灌漑に頼っている国もある。灌漑は地下水の水質問題にも直接つながるため、実際にサトウキビが必要とする水分量を可能な限り正確に把握し、灌漑水として水を与え過ぎないことは、特に熱帯のように蒸散の著しい地域では過度の灌漑が土壌の塩類化をもたらすだけに重要である。FAO(Food and Agriculture Organization of the United Nations)では近年、APSIM と CANEGRO なるモデルを開発し、そのモデルによってサトウキビの水必要量を計算できるようにした。そのモデルではET(Evapotranspiration)の計算が水供給量を決める上で重要な位置を占めている。N.G.Inman-Bamberら(2003)はオーストラリアとスワジランドでの研究から、ET査定の係数を国状にあわせて変更している（添付資料6）。

サトウキビの生産、すなわちバイオマスの獲得において水供給の問題は極めて重要であるが、Rajburi地域で現在灌漑システムの恩恵に預かっていない70%の地域に水路を引くことは容易なことではない。莫大なコストが必要になるだけでなく、灌漑プロジェクトは充分なプランのもとで行わないと水質汚染、土壌塩類化などの環境問題を引き起こす危険性がある。現在の水利用を最大限効率化する方策を考えることの方がRajburiの場合、賢明であろう。

（b）施肥

他の作物と同様にサトウキビもその成長には土壌中からの養分の吸収を行う。サトウキビが成長するのにどれくらいの養分を吸収するかについて Zende (1990)は表 2.3.3-4 のような数字を出している（添付資料 7 p.23）。作物の成長において最も必要とされるのが、窒素である。窒素と同様、リン、カリも多く利用されるため、肥料として窒素、リン、カリを混合したものを投与するのが一般的である。表 2.3.3-4 からカリが比較的多量にサトウキビに摂取されているのが注目される。

表 2.3.3-4 サトウキビがその成長において土壌中から持ち出す養分量 (Zende 1990)

	N	P_2O_5	K	Ca	Mg	Na
養分消耗量 (kg/ton cane)	0.56-1.2	0.38-0.82	1.0-2.5	0.25-0.60	0.20-0.35	0.02-0.2

Rajburi で年間どれくらいの窒素が消費されているのかをサトウキビの生産量をもとに計算した（表2.3.3-5)。Rajburi 社によると、サトウキビ生産量は10t/Rai(=62.5t/ha)とのことであるので、理論上 ha あたり 200kg の窒素が消費されているとの結果になる。しかし、この消費に見合うだけの窒素投与をする必要はなく、実際の投与量はこれより少なくてよい。なぜなら根や他の植物残渣あるいは降雨からも窒素は供給されるためで、それからの供給窒素量を引く必要があるためである。

表 2.3.3-5　　Rajburi のサトウキビが年間に消費する窒素量

サトウキビ生産量（t/ha）	t/ha N 含有量[1)]	t/ha N 吸収量[2)]
62.5	0.25	0.2

[1)]N 含有率 = 0.4%

[2)]利用効率=80%

窒素は植物成長の中で最も重要な位置を占めている。窒素は最も多く作物によって吸収されるために、その重要性は高い。Abayomi (1987)は窒素肥料がサトウキビの収量に及ぼす影響を調べている（添付資料 7 p.23）。窒素肥料は葉面積と光合成能力を高めるのに寄与している（表 2.3.3-6)。葉面積は葉の数、大きさとも関係しており、バイオマス量を増加させる上で主要な要因である。Leaf water (succulence)が窒素の投下によって増加しているのも注目される（表 2.3.3-6）。

表 2.3.3-6　窒素肥料がサトウキビの収量に及ぼす影響（cv. C0957）.（Abayomi 1987）

窒素肥料 (kg/ha)	葉面積 (cm^2)	茎長 (cm)	茎直径 (cm)	葉水分 (%)	圧搾可能サトウキビ (ton/ha)	サトウキビ収量 (ton/ha)
0	309.67	124.19	8.19	81.65	50.87	25.84
80	351.57	131.04	8.30	85.33	53.87	28.09
120	357.93	144.06	8.25	87.4	60.75	22.04
160	411.25	138.17	8.07	88.65	59.54	33.78
200	401.62	130.94	8.23	90.19	55.25	31.4

Rajburi 地域でのサトウキビ栽培における肥料の施用量は、一般的に表 2.3.3-7 の通りである。農家によって施肥設計は異なっており、施肥の回数も 1 回だけのところから、3 回の施肥を行っているところもある。

表 2.3.3-7　Rajburi における現在の窒素施肥量

	肥料投与量 kg/Rai	N kg/ha
ケース１	50	46.9
ケース２	100	93.8

Rajburi において施肥されている窒素の量を見てみる。ヒアリングからの情報、１）50-100kg/Rai の範囲で施肥、２）15:15:15 混合割合の肥料が一般的であること、の 2 条件を使って計算した。最大の場合でも 93.8 N kg/ha であり（表 2.3.3-7）、これは Abayomi (1987)らが算出した量（表 2.3.3-6）よりも低い値である。また他の地域と比較した場合、モーリシャスでは NPK を ha あたり 750-1,000kg 投与、沖縄でもモーリシャスとほぼ同程度の施肥をしていることから、タイでの施肥量が少ないことがわかる。これらのことは Rajburi において窒素施肥量を増やすことが、サトウキビの生産量の増大につながる可能性を示唆している。

Yadav (1995)らは、窒素肥料を 2 回に分けて投与することは株出しの段階より、最初の植付けの時に有効であることを確認している（添付資料 8）。農家によって施肥の回数を増やしているのはこうしたところにも理由があるのかもしれない。

経済的な理由から農家が化学肥料の投与量を控える場合がある(Somjit Srichan 1997: 添付資料 5）。前述した Somjit が行った調査では農家が化学肥料を必要としているものの、化学肥料の値段が高いために施肥できない事情が明らかにされている。Rajburi においても農家によっては経済的な理由で施肥ができない事情が存在するものと推測される。しかし、現地での聞き書きでは「現在のところ肥料に関して問題がない」との回答が得られており、これは農家の経済水準の違いが大きく反映しているものと思われる。

Rajburi で窒素肥料の過多がサトウキビの倒伏をもたらし、収穫できる砂糖の量を減らすとの話を聞いたが、実際、現地視察でサトウキビが倒伏している箇所が観察された。作物の倒伏は窒素の過多だけに原因するものではなく、土壌、気象なども影響するもの

だけに、現地で倒伏したサトウキビが観察されたからといって、ただちにそれを窒素肥料の過剰投与に起因することはできない。倒伏という問題も一時的なものか、慢性的に見られるものかを最初に明らかにし、その後、その問題の原因を探っていく必要がある。

Rajburi で発見された倒伏したサトウキビ。

撮影：2004.2.4

写真 2.3.3-3
倒伏したサトウキビ

施肥は Rajburi の現状から判断してまだ投与可能な段階にあると考えられるが、現地の声に対しては充分に配慮する必要がある。農家ごとに使用する肥料のタイプ、施肥量も異なっており、2004 年 2 月 4 日に訪問した、一軒目の農家では肥料は植え付け初期に 1Rai あたり 50kg を投入しており、二軒目の農家では現地食品会社(MSG 会社)から N:P:K がそれぞれ約 2%ずつ入っている sludge を処理したのちに使用していた。Rajburi の製糖工場から出るフィルターケーキも一部の農家によって使われているようである。しかし、フィルターケーキを工場から農場へ運ぶのに、フィルターケーキの利用できる時期がサトウキビの収穫時期に重なるため、どう運ぶかが問題となり、実際にフィルターケーキを利用している農家は少ないと言われる。

タイ環境省でのヒアリングで、Dr.Ampon からバガス、trash などのバイオマス資材の灰がすぐれた土壌肥料であるとの情報を得た。リン、カリ、カルシウム、マグネシウムなどのミネラル分が灰化によって増加する。これは焼畑が養分供給の上で効果的であるのと同じ理屈である。ただ窒素については灰化しても濃度はあがらないために別途、施肥する必要がある。本 FS でも灰を土壌に戻すことは肥沃度を高める上で有効であると思われ、灰の還元を組み込むことを検討する。

（ｃ）除草

Rajburi では除草の手間をできるだけ省くために収穫時の植物残渣を畑に放置し、土壌表面にかぶせる（マルチング）ことで雑草の繁茂を防ぐ方法が多く採られている。

（ｄ）病虫害防除

Rajburi では目だった病虫害の被害が観察されていない。仮に病虫害が大量に発生するようになった場合には、その駆除に多くのコストがかかるだけでなく、サトウキビの生産量そのものにも影響するだけに農場では常にその発生に関係した情報を収集して対策に当たることを心がけている。

② サトウキビの収穫状況

a．収穫方法

収穫方法には、機械収穫と人力収穫の 2 種類の方法がある(写真 2.3.3-2,-4 参照)。Rajburi の製糖工場においては現在､16 台のオーストラリア製ハーベスタを所有しており、1 台の Cane 処理能力は 120 トン/日である。これまで機械収穫は 7 台のハーベスタを用いて農場面積全体の約 10%で行われていたが､2003 年に 9 台を追加して現在 16 台となっている。Rajburi では将来、全体の 40%まで機械収穫が可能であるとしている。2002-2003 年のサトウキビ収穫量が約 100 万トンであるから、40 万トン程度の Cane が処理できる計算になる。

人力収穫はまた､収穫前に農場に火入れする場合があるが､これは収穫時における trash 除去の手間を省くことが目的である｡Rajburi の場合には 100 万トンのサトウキビのうち、25%が火入れされたものとされている。その中には、たばこ・籾殻焼却による飛び火等の不可避な火入れが 5%程度含まれている。今後はこの火入れ部分の利用が課題である。工場側では農家へ指導することにより、火入れの割合をある程度まで減少できると考えている。機械収穫の場合は、Green Cane Harvest(火入れせずに、trash が茎に付いている状態で収穫を行う方法)を行っている。

Cane の先端部（CT）がカッターで切断され、続いて茎が根元から刈り取られる。茎の部分のみ並走するトラックの荷台に積み込まれる。trash はハーベスタ背部から畑地に吐き出される。

撮影：Rajburi 2004.2

写真 2.3.3-4 機械収穫の様子

クラッシュされた CT&L と trash は混在した状態で畑表面に敷きおかれる。

撮影：Rajburi 2003.10

写真 2.3.3-5
機械収穫後の収穫残渣

（2）燃料としての CT&L、trash の利用可能性について

① 農業面からの検討

a．利用の現状

現在、圃場に放棄されマルチング材として利用されているのは CT&L と trash であるが、それらを燃料として利用できるかどうかの検討を試みる。まず、火入れ地域と火入れなし地域とを分けて考える。火入れ地域では収穫前に trash を焼いており、火入れを止めることで trash の燃料としての利用は営農上まず問題ないと考える。しかし、火入れは機械収穫ではなく、人力収穫の場合に行われるので、実際に trash を燃料として使うためには火入れを止めさせた後、回収、運搬などのコストが発生してくることになる。そのため trash を燃料利用する場合はサトウキビが機械収穫されている地域に限定されることになり、火入れが行われているかどうかは直接的な問題ではない。そのためバイオマス燃料の調達を検討する際には火入れを行っていない、Rajburi では全体の 75%にあたる地域について検討することになる。

b．Collection 以前の問題

（a）火入れの効果

火入れの効果について簡単に説明しておく。収穫前に火入れすることは、収穫時に茎を枯葉のつかない、きれいな状態にすることにあり、それは砂糖製造工程を容易にし、収穫工程ロスを最小限にすると言われている。

Rajburi の工場は火入れを無くし、trash の焼却分について燃料利用することについては歓迎である。農家指導によって火入れを止めさせることも買い付け契約の中に盛り込むことで大きな効果をあげると思われる。

（b）機械収穫への移行

機械収穫へ移行することがブラジルのように、収穫コストを下げるかわりに、雇用を失うことにつながるという問題がある。

しかし、タイにおいては機械収穫への移行は、栽培農家で労働力不足が起きている(Manas 1997:添付資料 9)現状ではほとんど問題にならないと思われる。

機械収穫への移行を妨げる物理的な要因は、農場の勾配の問題だけではなく、農場に存在する石礫もあげられる。石礫が多いと、ハーベスタの刃を損傷させるだけではなく、収穫物にこれらの石礫も混ざってしまうことが考えられる。タイでは、農場に石礫があり、また平坦でなく起伏があるために機械化に困難な箇所がある(写真2.3.3-6, -7参照)。

撮影：Rajburi 地域 2004.2

写真 2.3.3-6
農場内の石礫

撮影：Rajburi 地域 2004.2

写真 2.3.3-7
起伏のある畑

c．Collection による問題

（a）マルチングの効果

trash を燃料として利用するために畑地から回収することで生じるであろう問題について検討する。マルチングの一般的な効果について整理すると、下記の事項が考えられる。

① 通気性の増大。土壌を膨軟にし、孔隙率を増大させ、通気性を高め、排水を良好にする。その効果により根の伸張を容易にする。

② 保水性の増大。有機物は保水力に富むことから土壌に鋤きこむと作物にとって利用可能な有効水分量が増える。その効果は土性と関連があり、砂質土壌で効果は大きいものの、粘土質土壌での効果は少ない。

③ CEC（陽イオン交換容量）の増大。カリ、カルシウム、マグネシウムなどの塩基、アンモニアなどの保持力が増大する。これも土性によって効果が異なり、砂質土壌で効果は大きいものの、粘土質土壌での効果は少ない。

④ 酸性土壌においてはアルミニウムの影響や燐酸の不溶化が問題となることがあるが、有機物の投与はそうした影響を軽減することがある。

⑤ 微生物活動の活性化。ただし投与する有機物の C/N 比によって、たとえば籾殻など C/N 比が高い資材を投与すると逆に微生物活動に影響をもたらす可能性がある。

有機物そのものの窒素含有量は少なく、微生物の活動が加わって土壌中に窒素分が供給される。

全面に収穫残渣が敷きならされている状況

撮影：Rajburi 地域 2004.2

写真 2.3.3-8
マルチング状況（全面）

（b）土壌への影響

Rajburi 地域では慣行的に trash や CT&L が土壌に鋤きこまれ、肥料として利用されていることから、それを持ち出すことによる土壌肥沃度への影響を考える必要がある。trash や CT&L などの植物の残渣は土壌に還元され、すぐに植物への栄養源となるわけではない。有機物が無機化するためには、土壌動物による有機物の粉砕、裁断や微生物による分解などが過程として必要である。有機物が易分解性の画分を多く含むなら、肥料としての効果は早く現れるが、リグニンなど難分解性の画分に富むものであれば、長期にわたり有機物は土壌中に分解されないまま残ることになる。ここでまず問題になるのは trash や CT&L が分解されやすい有機物かどうかである。Graham ら(2002)は残渣の持ち出しが土壌の肥沃度にもたらす影響について考察している（添付資料 10）。処置は１）残渣を全て除去した後で火入れ、２）残渣を畑地に残した上で火入れ、３）グリーンハーベスト、の 3 つである。その結果、土壌表層の有機物含量は１）、２）、３）の順番で増加していたが、土壌 10cm の深さでは有機炭素、全窒素には変化が見られなかった。注目されるのはバイオマス炭素と窒素は地下部で上昇していたことで、土壌の窒素分は炭素にくらべてその増加が顕著であった。

残渣と施肥は全炭素含量の増加にではなく、バイオマス炭素の増加に見られるように微生物活性を向上させるのに寄与しているのが試験の結果から明らかとなっている。易分解性有機物はリターンの早い有機物として植物の吸収に容易に利用される。残渣の効能はその易分解性有機物の増加に関与するというのが、59 年間の圃場試験で得られた結果である。

Yadav(1995)も 1992-1995 に行った圃場試験で trash の肥沃度への寄与効果を確認している（添付資料 11）。この試験で trash をマルチして投与した場合、土壌中有機炭素と無機態窒素の含有量がマルチなしに比べて増加していることが確認されている。この圃場試験の場合、サトウキビの収量は窒素吸収量、有機炭素量、有効態リンと相関を持つことが確認されている。

trash の無機化量はマイナスを示している（表 2.3.3-8）。これは trash が窒素肥料源として働くのではなく、資材の分解のために土壌中の窒素が微生物に利用されることで窒素が無機化しているのではなく、逆に有機化していることを示している。また trash の単独投与が作物の窒素飢餓を引き起こす可能性を示唆している。

表 2.3.3-8　細粒褐色低地土における各種有機資材の分解 （当真　1989:添付資料 12）

有機資材	培養後pH	炭素分解率	窒素無機化量(mg/100g)		
			NH_4-N	NO_3-N	合計
trash	7.84	8.04	-0.09	-2.51	-2.6
バガス	7.9	12.38	-0.1	-2.56	-2.66
下水汚泥	7.92	8.36	1.42	2.97	4.39

Rajburi の農場ではN:P:K肥料 (15:15:15)が一般に投与されている。その化学肥料(即効性）投与が Rajburi においてサトウキビの成長により毎年消費される窒素分のほとんどを補填しており、trash など植物残渣（遅効性）の鋤きこみによる窒素分の補填は割合としては少ないであろう。

しかしながら、窒素供給面での寄与は少ないものの、trash などの有機物は潜在的肥沃度を維持･向上させる上で重要である。N:P:K 肥料が速効性の効果を持つのに対して、有機物資材は遅効性の効果を持ち、長期にわたって微生物などに利用されることを通じて間接的に N 肥料としての役割を負っている。

バイオマス燃料の調達の上でも肥料投与量の増加によってバイオマス量を増やすことは戦略として有望なもののひとつであると思われる。とりわけ窒素の投与はバイオマス増量の上で効果的であることから、その施肥設計を農家ごとに詳細に立てることが大切である。

c．現地土壌の有機物含有量

Saowanuch （1998）はタイ東部の 10 のサトウキビ畑において土壌分析を行っている（添付資料 13）。ほとんどのサトウキビ畑で土壌の肥沃度は低かった。特に砂質土壌や強い酸性土壌ではサトウキビの栽培が不適なほど土壌肥沃度は低位であった。肥沃度の低い土地においてサトウキビの生産を高めるためには、集中した肥料管理が必要である。その管理の中で土壌有機物の管理は有機物が肥沃度向上の出発点になるだけに重要である。

Rajburi 地域での土壌肥沃度（表 2.3.3-9）を見てみると、平均有機物含量は 2.38%で、モーリシャスにおける火山灰土壌のように有機物量は高くはなく、このことは土壌有機物管理がサトウキビ栽培にとって重要であることを示している。P や K などの変動係数も高く、これは同じく高い変動係数を示した肥料投与の量が地域によって異なることの反映であるとともに、もともとの地力が地域によって違うことを示すものといえる。

表 2.3.3-9　　Rajburi 地域土壌データの記述統計量

	ケース数	平均	最小値	最大値	標準偏差	変動係数
pH	157	6.4	3.6	8.5	1.1	16.5
有機物量（%）	42	2.38	0.7	4.8	1.1	44.5
P（ppm）	155	13.6	0.0	87.0	17.2	126.5
K（ppm）	157	23.0	4.0	143.0	20.4	88.5
Ca（ppm）	157	1286.4	15.0	7140.0	1714.7	133.3
肥料投与量（kg/Rai）	132	93.5	0.0	714.0	57.8	61.8

図 2.3.3-2　　Rajburi 地区 42 農家における有機物量のヒストグラム

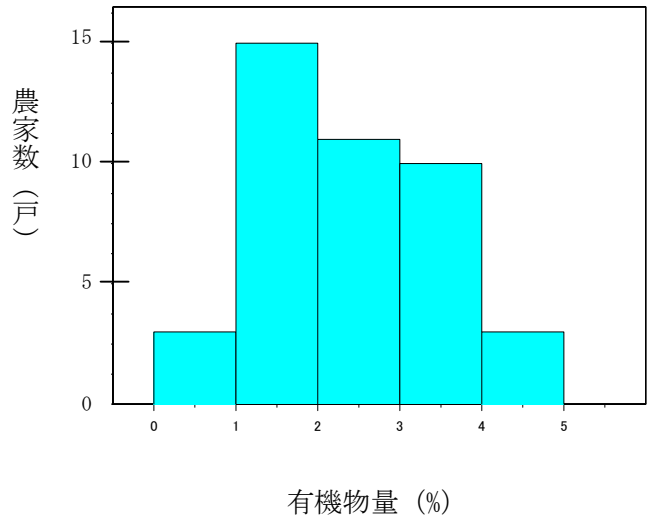


表 2.3.3-10　Rajburi 調査地域の地区別農場の土壌特性

地点表記	pH	OM %	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	肥料投与量 (kg/Rai)
A	6.0	1.8	6.9	16.0	926.9	91.2
B	6.4		14.6	26.3	1127.2	93.7
C	6.9	2.9	15.6	23.2	2162.8	94.9
D	5.6	0.7	2.3	4.7	79.7	100.0
E	6.0	1.8	15.9	28.4	259.4	84.3
F	6.8	1.6	14.1	16.9	2184.0	90.2
G	4.8		5.0	7.0	50.0	100.0
H	6.1	1.7	13.1	29.6	240.7	82.6
I	7.2	2.5	74.0	11.5	647.0	77.0
J	5.9	3.1	14.1	24.0	917.5	80.4
K	6.3	2.9	24.7	27.1	1009.6	154.9
L	6.1	2.5	7.1	28.5	607.0	94.6
M	6.7	2.8	7.0	22.7	1570.8	96.8
N	6.4	1.8	10.0	16.0	655.5	90.1

（注）OM：有機物量

表 2.3.3-9 の土壌特性が地区ごとにどのように変化しているかを見ることは、Rajburi 地域の土地生産力を知る上で参考になる（表 2.3.3-10）。pH が G 地点で低い値を示している他はほぼ安定している。サトウキビは元来、pH 耐性が強い作物であると言われており、よほど低い pH でない限り土壌改良を行う必要はない。データで見る限り、Rajburi 地域は石灰矯正の必要がない状況であると言える。

有機物量、リン、カリ、カルシウム含量は地区によって開きがある。リンが低い A、D、G、L、M 地点においては有機肥料と無機肥料を組み合わせて効率的な施肥設計をし、地力を高めていく必要がある。

d．CT&L、trash の燃料利用量

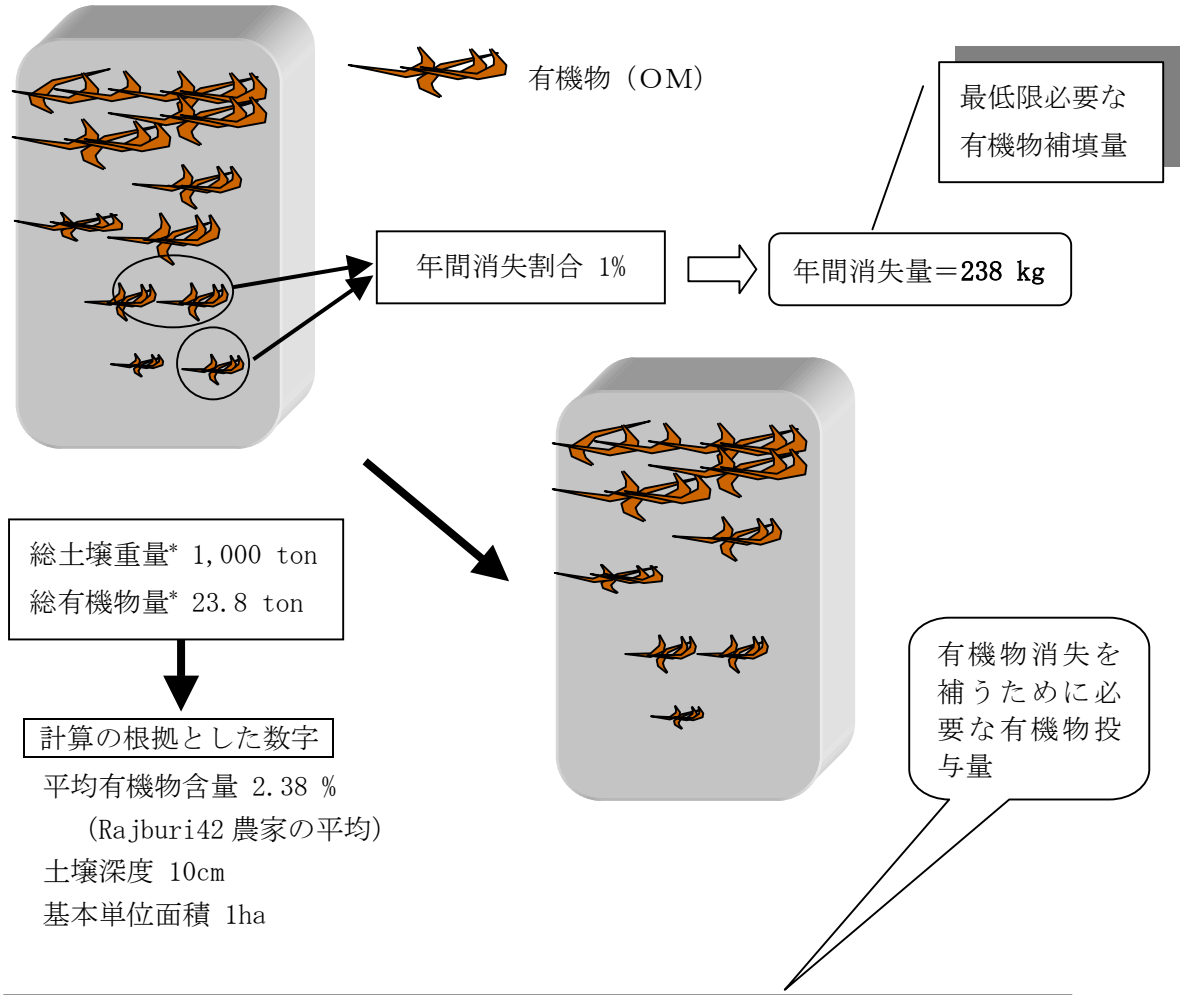
CT&L や trash といった収穫残渣の燃料利用については、その有効性を推奨している情報は多数あるが、実際にどれくらいの量を農場から持ち出し、燃料として利用できるかを理論的に算出した情報はない。

そのために現地の土壌データ、収穫量データを使って Rajburi からどれくらいの量の残渣を燃料として利用することが可能であるか検討を行った(表 2.3.3-11､図 2.3.3-3～4)。この検討には仮定値を使った。それは有機物の消失速度である。有機物の消失速度は立地環境によって変化する。その算定には現在では安定同位体などを使ってより詳細に年間の有機物消失速度を測る手法があるが、今回は実測せず、熱帯土壌における有機物炭素の平均消耗率を参考として使用した（添付資料 14)。

表 2.3.3-11　有機物利用可能量の計算

項　目		備　考
土壌からの有機物消耗量		
腐植含量 (%)	2.38	Rajburi42 農家の平均
消耗率 (%)	1	文献値
(ha 換算)		
土 10cm までの土量(t)	1,000	1ha、10cm 深度、仮比重 1
土壌中平均腐植含量(t)	23.8	
年間腐植消耗量(kg)	238	
CT, trash による補給		
有機物含量 (%)	40	
腐植維持のための投与量(kg/年)	595	
同上(kg/yr, ha)	1,190	(最低必要投与量) 投与有機物の半分が分解するため
地力向上を含めた投与量(kg/年)	2,380	(最高必要投与量)
現在の有機物投入量 (農家レベル)		
さとうきび生産量(乾燥ベース : t/ha)	18.4	62.5 t/ha x 29.5% (表 2.3.4-1 の水分率)
CT(乾重ベース : t/ha)	2.2	18.4 x 11.8% (表 2.3.4-1 の 8.2/69.5)
trash(乾重ベース : t/ha)	5.9	18.4 x 31.9% (表 2.3.4-1 の 22.2/69.5)
年間有機物投与量(kg)	8,100	CT&L+trash
持ち出し可能有機物量(kg)	4,710	(最低必要投与量) の場合
総 trash 残渣の	80%	
持ち出し可能有機物量(kg)	3,520	(最高必要投与量) の場合
総 trash 残渣の	60%	
平均持ち出し可能 trash 量	70%	

以上の計算により、土壌の肥沃度を落とさずに trash を燃料として利用する場合、70% ほどの畑からの持ち出しが可能であるとの推測を得た。



trash の投与によって有機物補填を行うとした場合、

trash の有機物含量は **40%**なので、

必要投与量は

238 kg×1/0.4＝595 kgである。

半分の有機物が分解するとして 2 倍の **595 kg×2＝1,190 kg**を混入する（最低必要投与量）、将来の肥沃度向上を考える場合には、さらにその倍の

1,190 kg×2＝2,380 kg（最高必要投与量）を投与する。

図 2.3.3-3　　trash 利用可能量計算の手順（Rajburi 土壌の特性を考慮して）

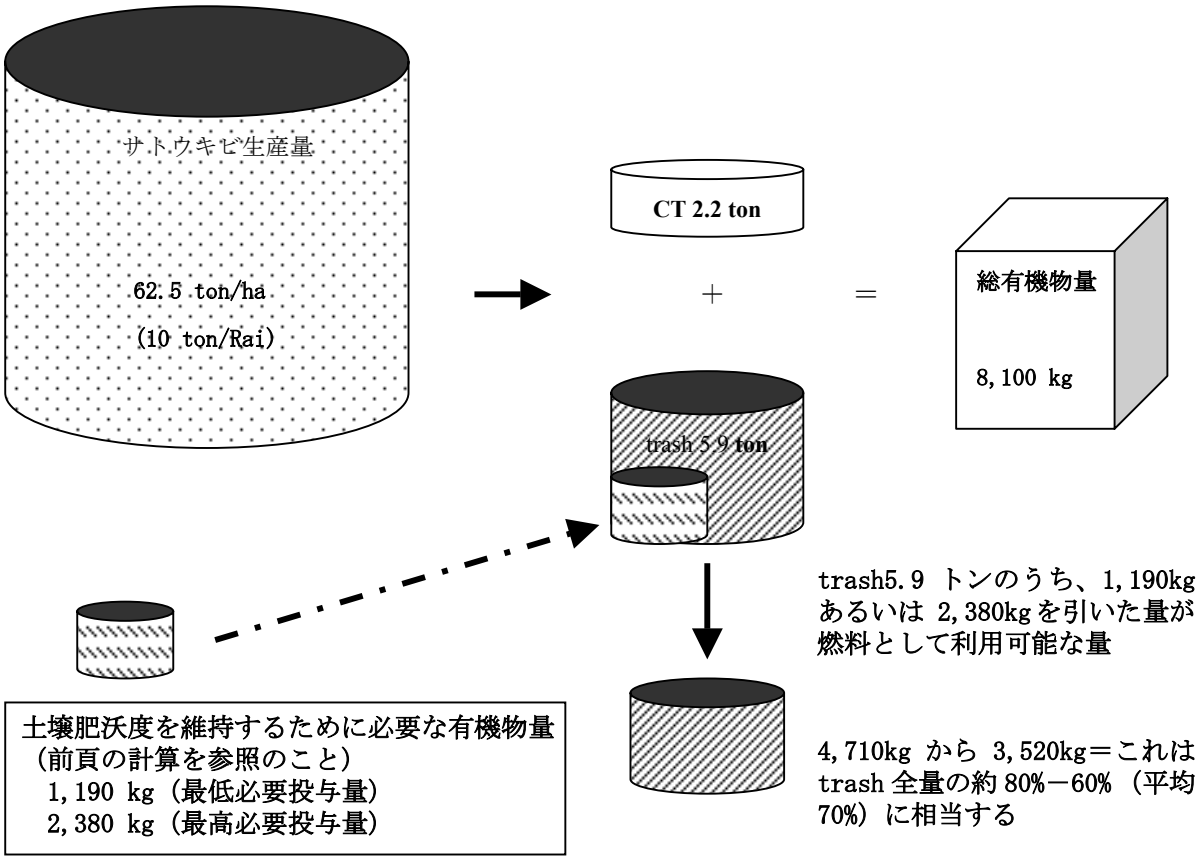


図 2.3.3-4　　trash 持ち出し率の計算

② 収集、運搬面からの検討

ａ．trash の性状

trash を収集、運搬する際に問題となるのが、trash の比重である。比重が大変低い（つまり軽い）ために、trash をいかにコンパクト化するかが運搬、輸送のためにも重要である。

ｂ．trash の収集方法

trash の収集方法には大きく分けて１）畑地の表面に散らばった残渣を収集する、２）機械収穫時にサトウキビの刈り取りと同時に設置した袋に取り入れる、の２つがある。

１）の方法については畑地表面の残渣を拾い集めるのに、多大な労力が必要になってくる。比重の軽い trash を積み込む作業も容易ではない。そのため収集の方法としては２）の機械収穫時に trash を回収する、というのが最も現実的であると思われる。

技術上の問題がいくつか存在している。まず trash を設置した袋などに回収できたとして、それを輸送に便利なようにどのようにコンパクトにするかということと、袋をどのように保管するかである。コンパクト化は袋の容積いっぱいに隙間なく trash を詰め込むことで現状の比重からある程度は重くなると思われるが､それがどの程度のものになるかは､材質の異なる袋を試用したり、詰める密度を変えたりして、試行錯誤の上に最適な状態を見つけていくしかない。

（ａ）trash の運搬方法

工場への運搬については基本的にサトウキビの搬出と相違はない（写真 2.3.3-9）。サトウキビ運搬は Rajburi では農場側の負担で行われており、そのため trash を燃料のために運搬するとなると、その運搬コストを追加で支払う必要が生じてくる。

写真 2.3.3-9
畑から運び出される機械
収穫されたサトウキビ

撮影：Rajburi 地域 2004.2

表 2.3.3-12　　Rajburi 工場へのサトウキビ搬入量

地域名	サトウキビ搬入量（ton）
Borploy	5,800
Thamung	9,700
Kampang San	24,000
Banpong（東）	29,600
Banpong（西）	55,000
Pagtor	56,000
Suan Pueng	120,000
Nong Kwang	279,000
Jombeong	356,000
計	935,100

表 2.3.3-12 は 2002-2003 年に Rajburi 製糖工場へ搬入されたサトウキビ量を示す。Rajburi の製糖工場へのサトウキビ搬入量であり、各地区のサトウキビ生産量を示すものではない。地域別の搬入量を見てみると、製糖工場に近い場所からの搬入量が多く、主として工場の西南部地域からの搬入量が多いことがわかる（図 2.3.3-5）。trash の運搬も同様に大半が工場西南部からもたらされることが予想され、それから trash の運搬コストを概算する場合には西南部までの平均距離が計算に採用される。

（b）発生量及び含水率

CT&L と trash の発生率と含水率については、2 品種について現地調査から発生率と水分率を計算した。その結果を表 2.3.3-13 に示す。

表 2.3.3-13　CT&L と trash の発生率及び含水率

			Variety	
			UT89/2/336	K 88/92
CT&L	発生率	% cane	10.0	9.4
	含水率	%	85.0	82.2
trash	発生率	% cane	5.0	3.1
	含水率	%	26.6	27.0
Leave	発生率	% cane	10.0	18.8
	含水率	%	33.1	31.4

出典： 2003 年 10 月の現地調査から

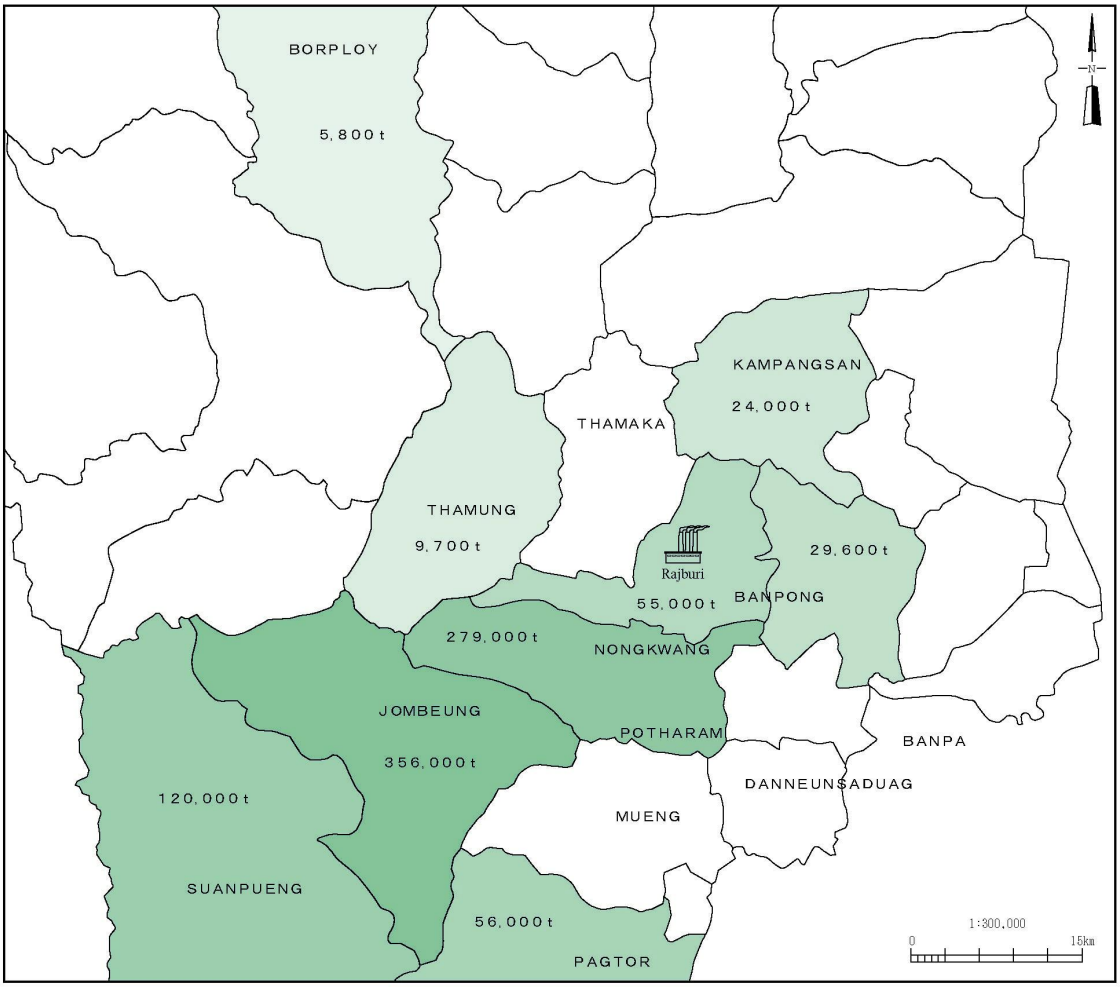


図 2.3.3-5　Rajburi 製糖工場周辺地図とサトウキビ生産量（数字）

（ｃ）バイオマスの他の利用状況

バイオマスの他の利用状況であるが、フィルターケーキ(写真 2.3.3-10)が肥料として無償で農民に提供されている。ただし、その発生時期がサトウキビの収穫時期と重なるために、実際に農民がそれを利用しているケースとしては限られているものと思われる。

写真 2.3.3-10
砂糖生産の過程で産出されるフィルターケーキ

撮影：Rajburi 地域 2004.2

（ｄ）サトウキビをエネルギー作物として利用する可能性

ア．サトウキビをエネルギー作物として考える必要性

糖汁を絞ったあとの残渣（バガス）や CT&L、trash を燃料として利用する場合に、製糖工場に搬入されてくるサトウキビの量が燃料として利用可能なバイオマス燃料を決定してしまうことになる。現在のサトウキビ生産量を不変とは考えずに、燃料を増やすためにサトウキビの生産量自体を増やすことを検討することも可能性として存在する。

サトウキビをエネルギー作物として利用する際に現在の Rajburi のサトウキビ生産が他の場所と比較してどのレベルにあるのかを見る必要がある。Bull (1975)らは最大 Cane 生産量を 280t/ha yr として計算しており、また Moore(1989)はそれよりさらに多い 470t/ha yr としている（添付資料 7 p.22）。また熱帯の多くの地域で 250t/ha yr の生産量があることも知られている（Hunsigi 1993:添付資料 7 p.22)。Rajburi の ha あたりの Cane 生産量は約 60t であることから、理論的にはまだ単位面積あたりの生産量を増やすことが可能と考えられる。

イ．繊維成分を向上させる条件（生理的要因）

燃料としてのサトウキビ生産を考える場合にポイントになるのは繊維質分の向上である。サトウキビは組織を維持する上で繊維分を 5%以上持たねばならない。しかし、水分率 70%の状態で繊維分を 27%まで引き上げることが可能であると言われている(Bull ら 1963:添付資料 7 p.25)。サトウキビの繊維分をコントロールしているのがインベルターゼ（蔗糖（しょとう）を転化糖に転化する酵素）である。酸性インベルターゼ(AI)はサトウキビ中の繊維分を向上させるのに働き、一方中性インベルターゼ(NI)は糖分の蓄積を高めるのに働いている。このため AI/NI の比が繊維分、糖分の組成比を推測するのに利用される。

AIを実際にRajburiで高めてサトウキビ生産を増やすということは現実的な話ではなく、この生理的な要因はあくまでも繊維質分の増加がなされたかどうかの評価として使えるであろうというレベルの話である。

ウ．繊維成分を向上させる条件（栽培要因）

（ア）植栽間隔

栽培方法の中で繊維分の向上にもっとも影響を持つのが植栽間隔である。0.5mの狭い間隔でサトウキビを植付けした場合、1.0mあるいは1.5mの場合に比べてバイオマス量、繊維質の割合が高くなる（表2.3.3-14）。

Rajburiでの聞き取りから機械収穫が行われている場所では植栽間隔は1.5mであるとの回答を得た。人力収穫をしているところではその間隔は狭く、1.2mとなっている。その理由として挙げられたのが、雑草の繁茂を防ぐというものであった。

表2.3.3-14　植栽間隔がサトウキビ収量及び構成にもたらす影響
(Gasho 1981:添付資料7 p.24)

	植栽間隔（m）		
	0.5	1.0	1.5
stalk 湿重（t/ha）	144	94	90
糖分（t/ha）	21	13.4	13.1
trash（湿）（t/ha）	28	18	16
バイオマス（湿）（t/ha）	178	122	106
バイオマス（乾燥）（t/ha）	52	34	32
繊維質（t/ha）	23.6	15.2	14.5
エタノール（L/ha）	93.6	61.1	58.5

機械そのものの操業に植栽間隔が狭いことが障害になるとは考えにくく、植栽間隔を増やすことでバイオマス量を増加させることは可能性として存在するものと思われる。

（イ）成熟促進剤

Buren（1976)の研究からPolarisなどの成熟促進剤の投与が組織の水分量を抑えるとともに、繊維質の割合を増加させることが明らかになっている（添付資料 7 p.26）。

これについてはタイをはじめとして実際に施用されている例が限られているためにRajburiで成熟促進剤の使用が適当かどうかの判断は現在のところ、難しい。

（ウ）窒素、カリ

窒素は繊維成分の割合と関係している。組織の水分と作物体の窒素成分は密接に関係しており、特にサトウキビの初期成長段階において正の関係が強くなっている。過度の窒素投与は汁気の多いサトウキビを生み出すといわれ、バランスのとれた炭素、窒素の割合が糖分と繊維の両方の蓄積に重要である。

カリは糖分の輸送、たんぱく質の合成及び組織内の水分調整などで働く。水分は繊維質成分と負の関係にあることから、カリの役割は重要である。Humbert（1975）はサトウキビ生育9ヶ月までのカリ肥料の投与が糖分と繊維の向上につながることを認めており、またN:P:K肥料の割合を 2:1:2でなく 2:1:4にすることで高い糖分、繊維含量を得られるとしている（添付資料 7 p.27）。65-125 kg K2O/ha 程度のカリ肥料投与がたいていの土壌タイプにおいて必要であると言われており、250 K2O/ha ぐらいの量が望ましいとされている。

カルシウムは細胞壁を構成する元素であり、それゆえカルシウムの投与は繊維分を上昇させるのに寄与するだろうと言われている。しかし、一部ではカルシウムは水分の増加をもたらすとの報告もあり、繊維質分の減少につながると主張する研究者もいる。

エ. Rajburi でバイオマス量を向上させ得る可能性

バイオマス量が充分でないことから、Rajburi ではバイオマス量を増加させるための方策を練る必要がある。これまでの検討から Rajburi で実際に実施可能と思われる改良点をまとめてみた（表 2.3.3-15）。

表 2.3.3-15　Rajburi の現状から考えられる、農学的観点からみたバイオマス量を増加させるための可能な対策

項目	考えられる改良点	最大増収効果
作物		
品種	高収量品種の導入	約 1.5 倍の増量
営農		
灌漑	灌漑施設の整備	30%の増量
肥料	窒素肥料の増量	1kgN の投与で 0.5 - 1.2 ton/ha の増量
	灰の利用	未定
植栽間隔	現行より短い間隔で植える	1.5 m → 0.5 m で約 1.5 倍の増量
その他		
法律	税制面での優遇	

最大増収効果はあくまで参考値で、改良を行えば必ずこれらの量が達成できるというものでもない。農業では特に土地の状態によって同じ施用をしても異なる効果が出るのが普通で、肥料の投与など農家ごと、土地ごとの状況に応じて施肥の種類、投与量などを決めていく必要がある。しかし、この表であげた事項は Rajburi の現状をバイオマス増産という点で少なからず改良するのに貢献するはずである。

表中の考えられる改良点での「税制面での優遇」については、FS における情報収集中、タイ・カセサート大学 Chareinsak 教授から、タイでも長期的な国際砂糖価格の低迷を受けて砂糖産業を従来の砂糖生産に特化した状態からブラジルのように圧搾の一番目の搾汁だけを砂糖生産に回し、二番目、三番目の搾汁はエタノールの生産に回すなど多角的な砂糖産業へと転換していくための、税制面でのバックアップの用意ができつつあるとの話を聞いた。政策的な面で砂糖生産からバイオマス利用の転換を後押しするような動きが出てくるようであれば、エネルギー生産のためのバイオマス利用がより大きな動きとなり、その利用のための条件整備がずっと進むことになるであろう。

参考文献

Surapong Sriponpankul 1989: Effects of planting seasons on growth, yield and yield components of 5 sugarcane varieties. Ms Thesis Kaset sart University, Thailand

Prasert Chatwachirawong 1993: Yield stability of major sugarcane cultivars in Thailand. Ms Thesis Kasetsart University, Thailand

Somjit Srichan 1997: The needs on sugarcane cultivation techniques of farmers in amphoe Chumpae, Changwat Khon Kaen. Ms Thesis Kaset sart University, Thailand

N.G.Inman-Bamber and M.G.McGlinchey 2003. Crop coefficients and water-use estimates for sugarcane based on long-term Bowen ratio energy balance measurements. Field Crops Research Vol.83 125-138

Hunsigi G (1993) Production of sugarcane. Theory and practice. Springer-Verlag

R.L. Yadav 1995 Soil organic matter and NPK status as influenced by integrated use of green manure, crop residues, cane trash and urea N in sugarcane-based crop sequences. Bioresource Technology Vol.54 2 93-98

Manas Seangkong 1997: Technology applicant for sugar-cane production of farmers in Changwat Sing Buri Ms Thesis Kasetsart University, Thailand

M.H.Graham,R.J.Haynes and J.H.Meyer 2002. Soil organic matter content and quality effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. Soil Biology and Biochemistry Vol.34 93-102

R.L.Yadav and R.P.Verma 1995. Crop residue management to conserve soil organic matter content in sugarcane-based crop rotations. Bioresource Technology Vol.51 2-3 241-245

当真嗣尊　1989　有機物利用による地力維持増強　第一報　各種有機物資材の組成と土壌中のおける分解　沖縄県農業試験場研究報告：第 13 号 101-109

Saowanuch Thawompruek 1998: A comparison on potential of sugarcane growing soils in Eastern Thailand. Ms Thesis Kasetsart University, Thailand

Padero A. Sanchez Properties and management of soil in the tropics. John Willy & Sons

2.3.4 設備設計

（1）設計条件

本プロジェクトの設備を設計する前提条件を以下に示す。

・サトウキビの収穫高は Rajburi 契約農家の過去 5 年間における平均収穫量である 863,200t-c/年（t-c は Cane の重量トン、100t-c 未満は切り捨て）とする（最低は 755,400t-c/年、最高は 1,043,400t-c/年）。

・Rajburi 製糖工場では 9,880t-c/日のサトウキビを処理している実績があるので、製糖期間は 863,200t-c/年÷9,880t-c/日＝87 日間とする（Rajburi 製糖工場の 2003 年実績によると、95 日間で処理した Cane 量は 938,675t-c/年であった）。

・Rajburi 製糖工場に隣接する敷地に 10MW 規模のバイオマス発電所を新設する。

・設備条件は Rajburi 周辺の水が硬水であることを考慮し、ボイラーで使用する蒸気の条件は圧力 33barG、温度 425℃とする。

・昼間は 8MW、夜間は 6MW（昼間の 75%）を EGAT に売電する。ただし、日曜、祝日は 24 時間 6MW の売電を行う。これは夜間の電力需要が低いことを考慮し、平均的には夜間は 75%程度を売電すると想定したものである。

・製糖期の燃料は主に trash、非製糖期はライスハスクを購入してバイオマス発電を行う。

・trash 利用に関しては、サトウキビ畑の地力低下を招かないように考慮し、畑から収集する trash の率は 70%とする。新発電所で発生する trash の燃焼灰はサトウキビ畑に肥料として還元する。

・trash はハーベスタで Cane を機械収穫する際に収集し、袋詰めして新発電所敷地に搬入する。

・本プロジェクトは現地に SPC(Special Purpose Company：特別目的会社)を設立して実施する。SPC は新たに 19 台のハーベスタを購入して、農家に貸し出す。このハーベスタの能力は 240t-c/日とする。なお現在、Rajburi 工場で所有しているハーベスタの能力は平均 120t-c/日である。Rajburi 工場側が所有しているハーベスタ 16 台と合わせて 35 台で機械収穫をする。

・35 台のハーベスタを用いた場合の機械化率は 65%である。現在、Rajburi からの回答では機械化できる畑の割合は 40%程度であろうとの回答を得ているが、将来的にはハーベスタを導入できるように石礫を取り除くような畑の改善や機械化によるコストダウンのメリットが認知されれば、65%の導入は可能と見ている。

・供給水は Rajburi 製糖工場が取水している地下水から追加取水し、排水は同工場排水に追加放流する。

・Rajburi 製糖工場の設備改造はしない。

・熱の有効利用のために、蒸気の一部をアルコール工場に供給する（アルコール工場は本プロジェクトのスコープ外）。

・アルコール工場では Rajburi 製糖工場の廃糖蜜を原料としてエタノールを醸造する。Rajburi 製糖工場で発生する廃糖蜜は Cane の 4.3～4.8%（Rajburi 製糖工場からの情報）であるから 863,200t-c/年×4.3%＝37,100t-m/年（t-m は廃糖蜜の重量トン）とする。供給蒸気量はメーカー設計値である 7t-s/h（t-s は蒸気の重量トン）とする。

（2）バイオマス燃料の確保

本プロジェクトで実施するバイオマス発電（一部、熱供給含む）の燃料調達方法については以下の通りである。

サトウキビの収穫時期において、Cane を収穫する方法としては人力で刈り取って Cane をトラックに積み込む方法以外に写真2.3.4-1のようなハーベスタという機械で収穫する方法がある。前述したように、ハーベスタを用いた収穫ではまず、CT の部分を切断し、続いてサトウキビを根元から刈り取る。その後、Cane に付いている trash 部分を剥ぎ取って Cane だけが併走するトラックに積み込まれる。

主要な trash 部分はハーベスタ後部のフードから吐き出される仕組みになっているので、この部分にコンテナを付設し、trash の一部を収集する。trash は全体の70%程度を収集するように設計する。このようにして集められた trash を袋詰めにし、大型トラックに積み替えて新発電所に搬送する計画である。trash 回収用コンテナの概念図を図2.3.4-1に示す。

写真 2.3.4-1　ハーベスタによる収穫方法

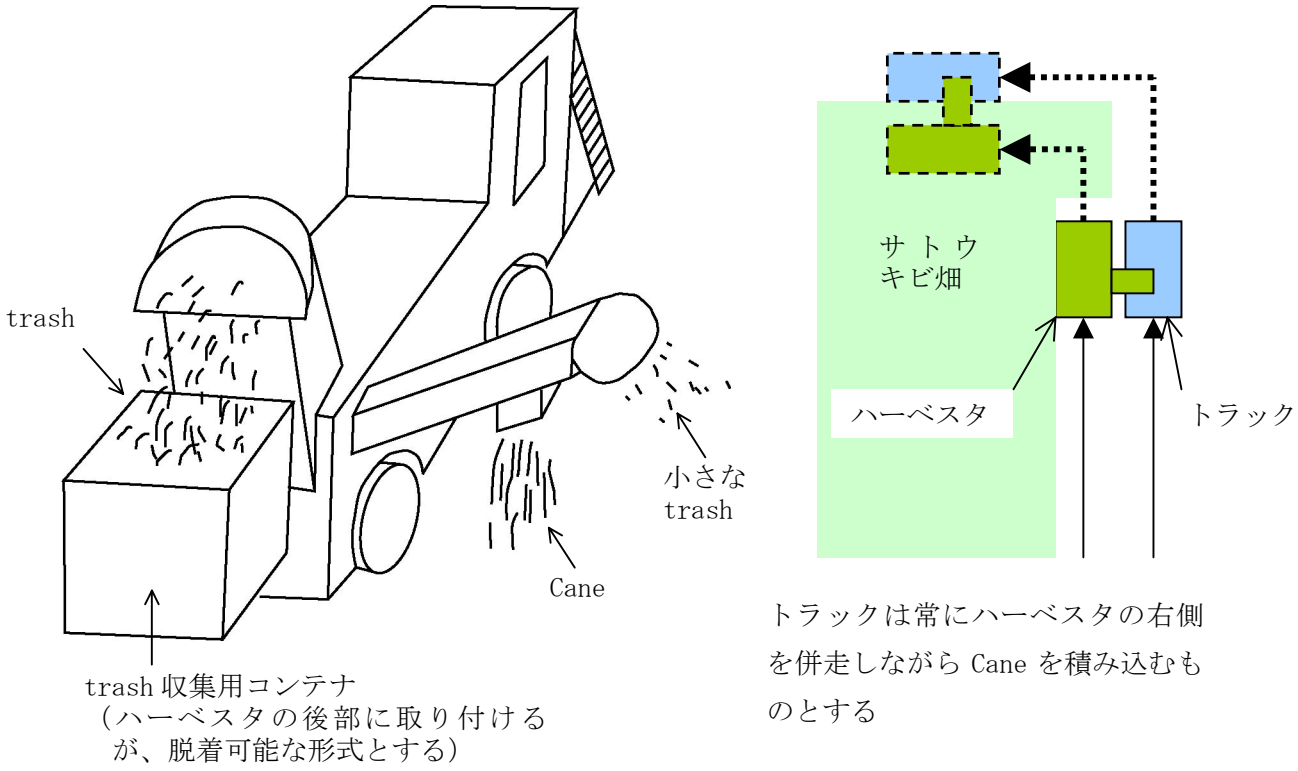


図 2.3.4-1 trash 収集方法

現在、Rajburi が所有しているハーベスタ1台当たりの Cane 刈り取り能力は120t-c/日である。現在は保有台数が16台であるが、SPC として追加で19台のハーベスタを購入し、農家に貸し出すことにより、機械化を促し、trash 回収量を増やす計画である。SPC が新規に購入するハーベスタの処理能力は平地では300t-c/日程度の能力を見込んでいるが、必ずしも平坦な地形ばかりとは限らないことも考慮して240t-c/日とする。以上のように、全部で35台のハーベスタが収穫期間に毎日稼動するとした場合、以下の量の Cane を処理することができる。

（120t-c/日×16台＋240t-c/日×19台）×87日/年＝563,760t-c/年

次に trash の収集量を求める必要があるが、この量については Kawashima et al.（2001）の文献を引用して求める（添付資料15）。同文献には表2.3.4-1に示すようなタイ北東部にある Khon Kaen 農場の9村19農場におけるサトウキビの部分別構成比率の平均値が記載されている。

表2.3.4-1　サトウキビの構成部分ごとの構成比率および水分率表

構成部分	構成比率（%）	乾燥重量率（%）	水分込みでの補正構成比率(%)	対 Cane 当たりの構成比率（%）
Stalk(Cane)	69.5	29.5	235.6	100
Top	8.2	36.7	22.3	9.5
trash	22.2	91.0	24.4	10.4
合　計	100.0	－	282.3	119.9

出典：Sugarcane Stalk as a Roughage for Dairy Cattle（Kawashima et al.）

この結果に従えば、Cane 収穫量に対して trash は10.4%が発生することが分かり、その水分率は9%（乾燥重量率は91%）である。したがって、563,760t-c/年の Cane から発生する trash の70%を収集すると、その量は以下のようになる。

563,760t-c/年×10.4%×70%＝41,042t-t/年（t-t は trash の重量トン）

しかし、収穫時にはまだ葉の部分は青々としており、水分もかなり含まれている。これらは収穫後には枯れて9%程度の水分率になると思われるが、収穫時の trash を9%と見こむのは重量的に過少評価していると考えられる。そこで、収穫前の Rajburi 農場でサトウキビの部分別の構成比率と水分率を実測した表2.3.3-13を用いて収穫時の水分率を求めた。その結果を表2.3.4-2に示す。

表2.3.4-2　サトウキビの構成部分ごとの構成比率および水分率表

構成部分	項　目	サンプル		平均値
		UK89/2/336	K88/92	
Cane	発生率(%)	７５．０	６８．７	７１．９
CT&L	発生率(%)	１０．０	９．４	９．７
	水分率(%)	８５．０	８２．２	８３．６
trash	発生率(%)	５．０	３．１	４．１
	水分率(%)	２６．６	２７．０	２６．８
L（中央部の葉）	発生率(%)	１０．０	１８．８	１４．４
	水分率(%)	３３．１	３１．４	３２．３

収穫時には trash だけでなく、CT&L のうちの L（上部の葉）や L（中央部の葉）もいっしょにハーベスタに取り込まれるので、純粋に trash だけを選別することはできない。したがって、収穫時の trash の水分率は表2.3.4-2に示す CT&L、L、trash の水分率の加重平均値と想定する。その値は以下のようになる。

（83.6%×9.7%＋26.8%×4.1%＋32.3%×14.4%）÷（9.7%＋4.1%＋14.4%）＝49%

これより収穫時の水分率は49%と見込むことができる。これは文献による9%で trash を運搬するより、水分を多く含んだ状態で運搬し、ボイラーに投入することを想定していることになる。この水分率を補正した重量は以下のようになる。

41,042t-t/年（水分率9%）×91%÷51%＝73,200t-t/年（水分率49%）

（3）発電容量の設計

10MW 規模のバイオマス発電設備を運転する際に必要な所内電力は、後に示すようにメーカー設計値によると、1.28MW である。また、アルコール工場で消費される電力は0.36MW である。したがって、売電の8MW 以外に1.64MW の電力を余分に発電するように設計する。これに必要な燃料を求めると表2.3.4-3のようになる。

表2.3.4-3　本プロジェクト設備の設計条件表

項　　目	単位	設定値	備　　考
１．設備容量			
(1) 昼間			
・売電容量	MW	８．０	
・所内電力	MW	１．２８	メーカー設計値
・アルコール工場	MW	０．３６	メーカー設計値
・合計	MW	９．６４	
(2) 夜間			
・売電容量	MW	６．０	昼間の 75%
・所内電力	MW	１．２８	昼間と同じ
・アルコール工場	MW	０．３６	昼間と同じ
・合計	MW	７．６４	
２．必要蒸気量			
(1) 昼間			
・必要蒸気量	t-s/h	４４．５	9.64MW×4.08＋5.18（回帰式より）
・アルコール工場用蒸気	t-s/h	７．０	メーカー設計値
・循環蒸気	t-s/h	８．５	メーカー設計値
・合計	t-s/h	６０．０	
(2) 夜間			
・必要蒸気量	t-s/h	３６．４	7.64MW×4.08＋5.18（回帰式より）
・アルコール工場用蒸気	t-s/h	７．０	昼間と同じ
・循環蒸気	t-s/h	８．５	昼間と同じ
・合計	t-s/h	５１．９	

（注）t-s は蒸気のトン数、t-t は trash のトン数を示す。

次に、以上の蒸気量を trash の燃焼で生み出すための燃料量を求める。

ハワイにおけるバイオマスエネルギーの研究によれば、バガスと trash の熱量は表2.3.4-4のように示されている（添付資料16）。これを見ても明らかなように、バガスと trash の熱量には大差はない。

表2.3.4-4　バガスと trash の乾燥重量での熱量の比較　（単位：MJ/kg）

項　目	サンプル１	サンプル２	平　均
バガス	１６．９	１８．９	１７．９
trash	１８．３８	１７．６６	１８．０２
trash／バガス比	－	－	０．９９

出典：Analysis of Hawaii Biomass Energy Resources for Distributed Energy Applications (University of Hawaii)

したがって、以下の燃料検討では trash の熱量をバガスと同等とする。Rajburi からの提供情報によれば、バガスの熱量は1,800kcal/kg であるので、trash も1,800kcal/kg とする。アルコール工場への7t-s/h の蒸気を含めて、9.64MW の電力を生産するための60t-s/h の蒸気を生み出す trash 量は以下のようになる。

60t-s/h×（784.4－131）kcal/kg÷85%÷1,800kcal/kg÷（100-2.5）%＝26.3t-t/h

ここで、各数字の意味は以下の通りである。

60t-s/h　　：昼間の必要蒸気量
784.4kcal/kg　：32.5barG、425℃の蒸気の持つエンタルピー（0.5barG 降圧）
131kcal/kg　：復水のエンタルピー
85%　　：ボイラー効率
1,800kcal/kg　：trash の持つ熱量
2.5%　　：ハンドリングや運搬の際にロスする trash 率

夜間についても同様に必要蒸気量である51.9t-s/h から求めることができるが、夜間についてはボイラー負荷率が87%程度であることから部分負荷による損失を3%程度勘案して求める。

51.9t-s/h×（784.4－131）kcal/kg÷85%÷1,800kcal/kg÷（100-2.5）%÷（100－3）%
＝23.4t-t/h

以上のように、設備面からの必要燃料量から製糖期間中に収集する必要のある trash 量を求めると表2.3.4-5のように、平日で601t-t/日、休日で562t-t/日となる（タイの祝祭日については添付資料17の通り）。

表2.3.4-5　本プロジェクト設備のための必要燃料表

項　　目	単位	設定値	備　　考
１．平日			
(1) 昼間			
・必要燃料量	t-t/h	２６．３	
・時間数	h/日	１３．５	EGAT 契約条件より
・昼間燃料量	t-t/日	３５５	26.3t-t/h×13.5h/日
(2) 夜間			
・必要燃料量	t-t/h	２３．４	
・時間数	h/日	１０．５	EGAT 契約条件より
・昼間燃料量	t-t/日	２４６	23.4t-t/h×10.5h/日
(3) 合計	t-t/日	６０１	
２．休日			
・必要燃料量	t-t/h	２３．４	
・時間数	h/日	２４	
・日燃料量	t-t/日	５６２	23.4t-t/h×24h/日

（注）t-t は trash のトン数を示す。

Rajburi 周辺におけるサトウキビ収穫期間は概ね1月～3月で、収穫期間である87日間には日曜日が12日、祝祭日が2日あるので、休日を14日とすると、この間に必要となる燃料は以下のようになる。

601t-t/日×73 日＋562t-t/日×14 日＝51,741t-t

一方、収集する trash の全量は前述のように、73,200t-t であるから、51,741t-t との差、21,459t-t はストックすることになる。袋詰された trash を野積みすると、積み重ねた自重による圧力で trash の密度も増すと考えられる。trash の比重を 0.2 とすると、ストックする trash の体積は以下のようになる。

21,459t-t÷0.2t-t/m^3＝107,295m^3

この結果からストックヤードとしては、概ね 120m×180m×5m（高さ）程度が必要となることがわかる。このストックされた trash で発電できる期間は 1 週間の消費燃料が 601t-t/日×6 日＋562t-t/日＝4,168t-t/週であるから 5.15 週間、日数では約 36 日間と見積もることができる。これは概ね 4 月であるので、祝祭日は 4 日間である。

EGAT への売電は 330 日を計画しているので、残り 207 日はライスハスクを購入して売電を継続する。

ライスハスクの熱量は Rajburi からの情報によると 3,440kcal/kg であるので、ライスハスクの trash に対する熱量比は以下のようになる。

3,440kcal/kg÷1,800kcal/kg＝1.911

したがって、trash の代替としてのライスハスク必要量は以下のようになる。

平日：601t-t/日÷1.911＝314t-h/日（t-h はライスハスクの重量トン）
休日：562t-t/日÷1.911＝294t-h/日

また、207 日間における日曜は 30 日、祝祭日は 7 日であるので、休日は 37 日、平日は 170 日となる。このためのライスハスクの量は以下のようになる。

314t-h/日×170 日＋294t-h/日×37 日＝64,258t-h/年（約 64,300t-h/年）

以上をまとめると表2.3.4-6のようになる。

表2.3.4-6　本プロジェクト設備設計のための設定条件一覧表

項　　目	単位	設定値	備　　考
１．Cane 収穫量	t-c／年	863,200	過去 5 年の平均収量
２．製糖期間	日／年	87	収穫量÷9,880t-cane/日（製糖工場の日当たりの Cane 処理量）
３．バイオマス燃料量			
(1) trash（主に製糖期）	t-t／年	73,200	ハーベスタは 35 台で収集（現状より 19 台増設）
(2) ライスハスク等（非製糖期）	t-h／年	64,300	購入先は未定
４．PEA への売電日数	日／年	330	EGAT の買電条件（35 日間の定期点検日数を除いた期間）より
５．アルコール工場用蒸気量	t-s／h	7	廃糖蜜量は 37,100t/年（Cane の 4.3%）を仮定

（4）設備の詳細設計

前述の設計条件と燃料条件を用いて設備設計を行ったものの主な仕様を以下に記載する。また、システム概要を図2.3.4-2に、メーカー（月島機械株式会社）による詳細設計を添付資料18に示す。また、これらのプラントを設置する位置を図2.3.4-3に示す。なお、売電する PEA への系統連系図を添付資料19に示す。

ａ．ボイラー

・型式：Water tube boiler
・燃焼方式：Traveling stoker with pneumatic spreader
・燃料種別：trash、ライスハスク
・定格主蒸気条件：33barG、425℃
・定格蒸気蒸発量：60t/h

ｂ．タービン

・型式：12段落衝動復水式
・定格蒸気条件：32.5barG、425℃、46t/h
・復水器蒸気条件：0.1barA、45.8℃

ｃ．発電機

・型式：三相同期自励発電機
・定格出力：12,500kVA
・常用電圧：6.6kV
・周波数：50Hz

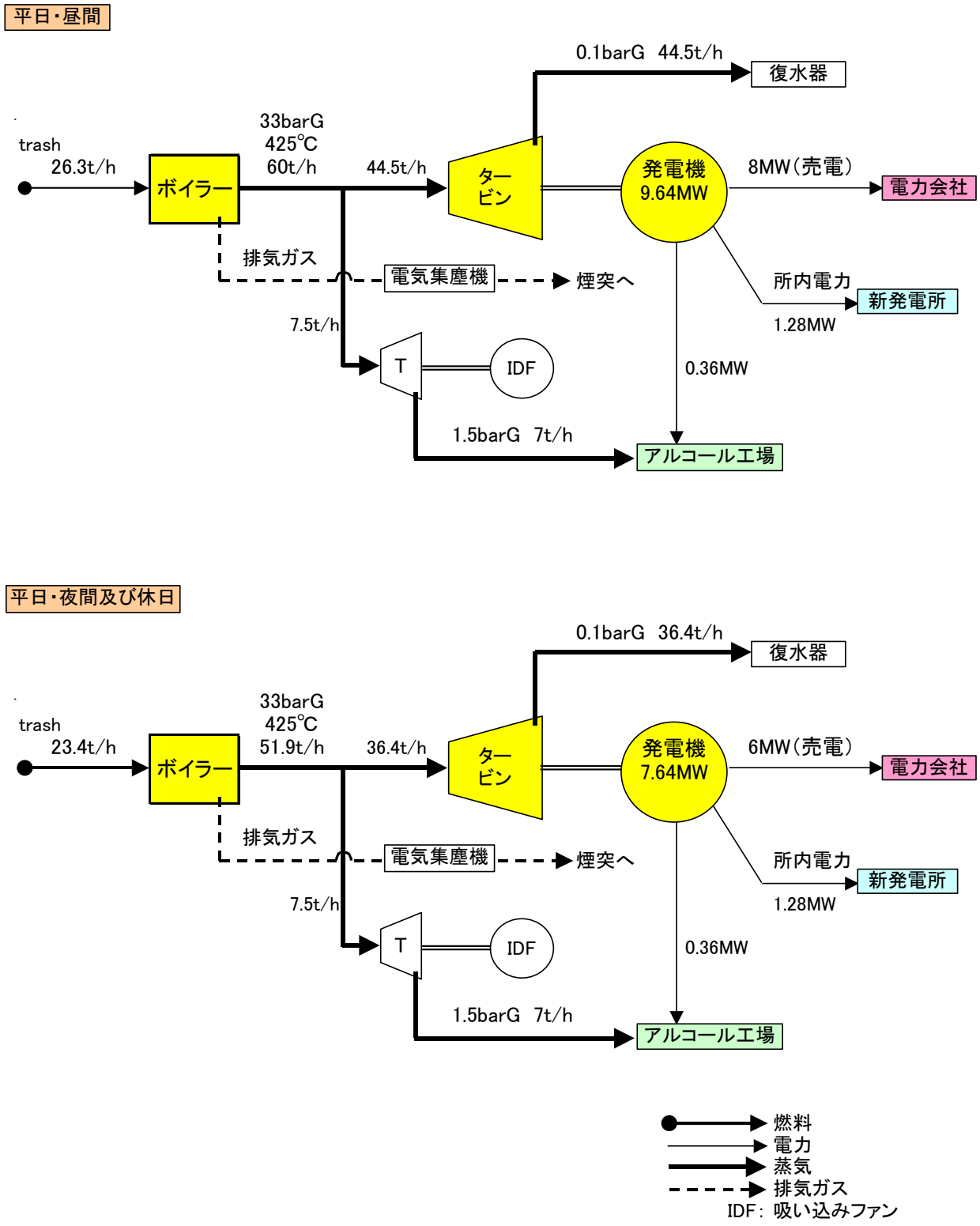


図 2.3.4-2　設備設計に基づくシステム概要図

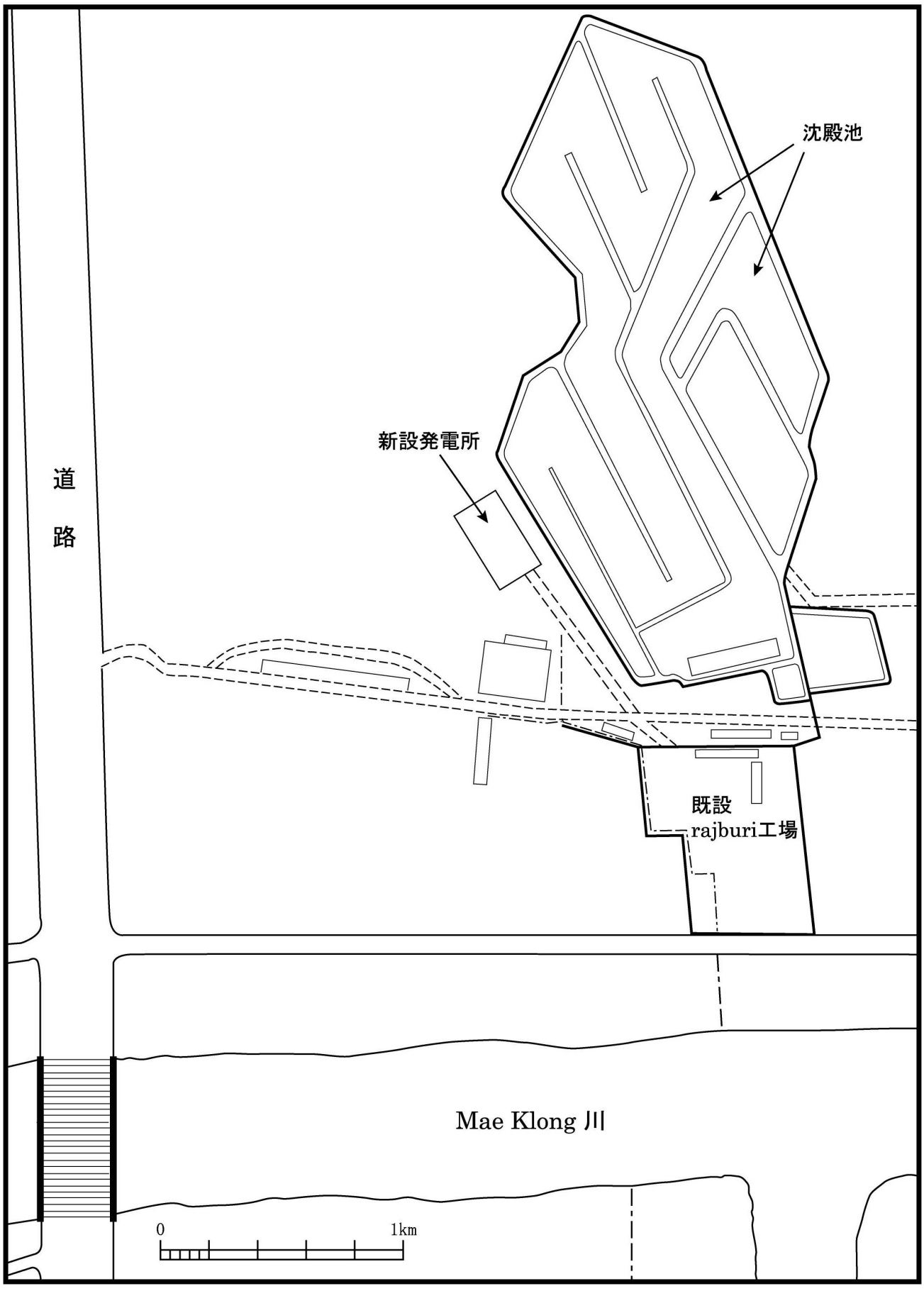


図2.3.4-3　　新設発電所位置図案

（5）アルコールプラント

本プロジェクトでは Rajburi 製糖工場で発生する廃糖蜜を原料にしてアルコールの生産を行う工場を新発電所近隣に誘致し、蒸気を供給してコージェネレーションを行うことを計画している。これに対する Rajburi 社の見解は「コージェネレーションとして検討に値する」とのことで、前向きな回答を得ている。廃糖蜜の量は以下の通りである。

863,200t-c/年×4.3%＝37,100t-m/年

メーカーの設計によると 5.7t-m/h の廃糖蜜を原料にして 1.5barG、110℃の蒸気を 7t-s/h 供給し、0.36MW の電力を使用することにより、アルコールを製造することができる。

本プロジェクトではこの蒸気供給までであるが、廃糖蜜からアルコールを醸造する概略を以下に記す。

ａ．前処理工程

廃糖蜜を希釈し、不純物を分離・殺菌する。

ｂ．発酵工程

前処理された廃糖蜜に酵母を接種し、アルコール発酵させる。発酵は約 30℃で行い、接種した酵母の量に応じて 24～48 時間で発酵が完了する。

ｃ．蒸留工程

発酵されたもろみは蒸留工程へ送られ、蒸留塔にて精製され、製品アルコールとして分離される。

2.4 プロジェクトの領域、実施体制

2.4.1 プロジェクトの領域

本プロジェクトの領域は以下の通りである。

・収穫時にハーベスタで分離された trash を新設発電所に運搬する。

・非製糖期はライスハスクを精米工場から購入し、新設発電所に運搬する。

・これらの燃料をクラッシング装置で破砕し、ボイラー燃料にして 60t/h の蒸気を生産し、9.64MW のバイオマス発電を行う。

・9.64MW のうち、8MW を EGAT に売電する（夜間及び休日は平日の昼間の 75%である 6MW を売電する）。

・60t/h の蒸気のうち、7t/h をアルコール工場に供給する。

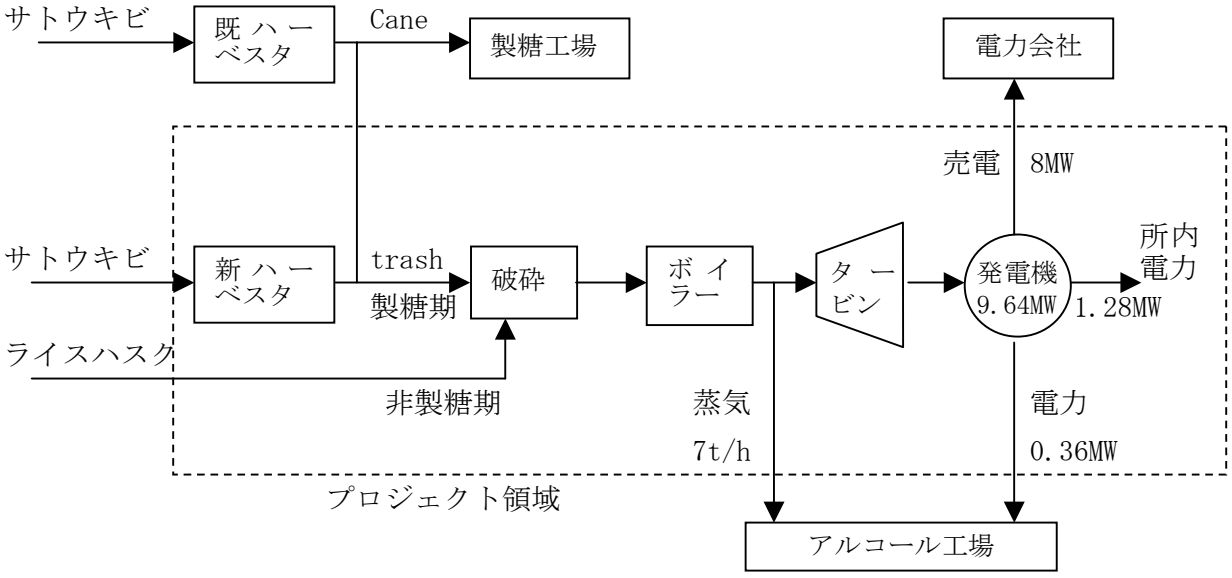


図 2.4-1　プロジェクト領域

2.4.2 プロジェクト実施体制

本プロジェクトを実施する体制案を図 2.4-2 に示す。

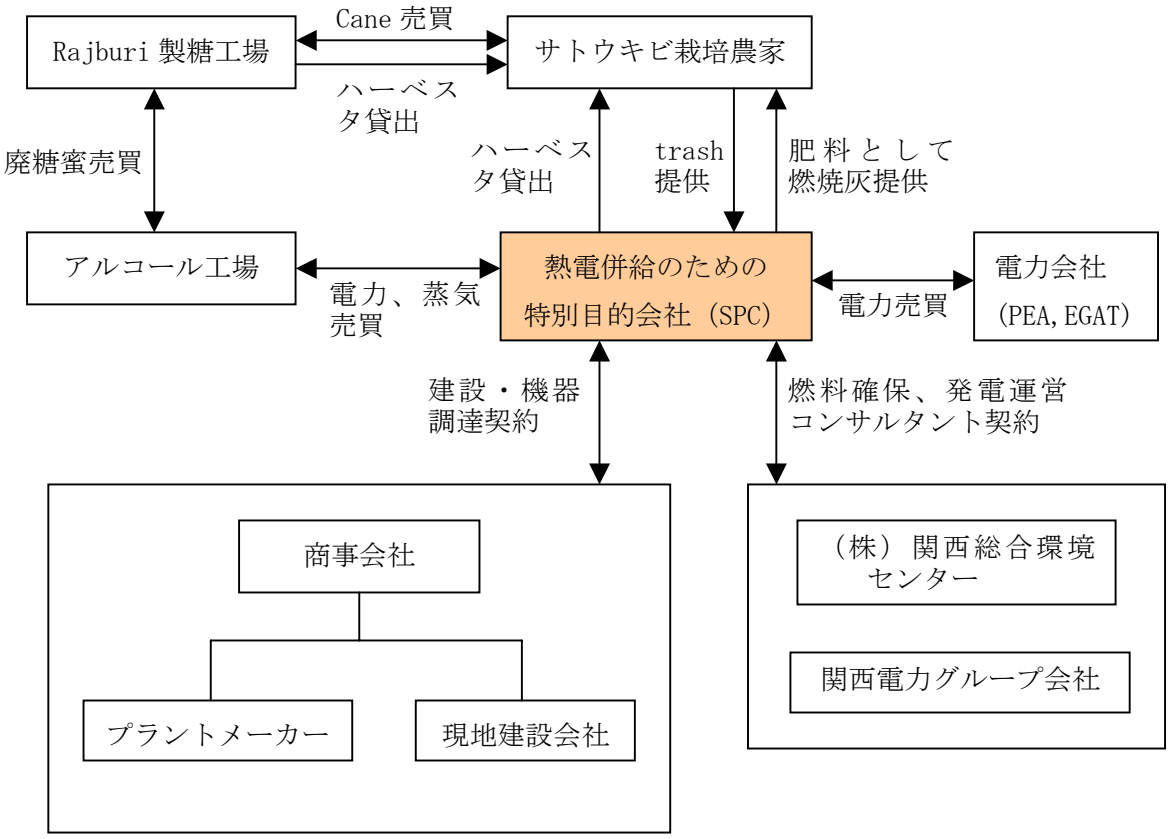


図 2.4-2　プロジェクト実施体制図（案）

2.5 実施スケジュール

本プロジェクトの実施スケジュール案を表 2.5-1 に示す。

表 2.5-1　実施スケジュール表（案）

項　　目	2004 年度	2005 年度	2006 年度	2007 年度
a) 詳細調査・アセス	━━━			
b) 投融資者確保	━━			
c) PDD の認証	―			
d) 設　計		━━━		
e) 機器製作		━━	━	
f) 建設・輸送・据付		━	━━	
g) 性能試験・試運転			―	
h) 本格運転				━━
i) モニタリング				┅┅

(注) PDD：プロジェクト設計書

2.6 資金計画

2.6.1 所要資金額

（1）設備費

本プロジェクトの設備費に関するメーカー（月島機械株式会社）の見積書を添付資料20に示す。この内訳は以下の通りである。

表2.6-1　設備費に関するメーカー見積額　（単位：百万円）

項　　目	金　額	備　　考
1．ボイラー	９００	EP、純水装置、据付工事含む
2．タービン、発電機	４００	コンデンサー、エアフィンクーラー含む
3．コンベア類	３１０	
4．trash 保管場所	７００	受入場所含む
5．付帯設備	１９０	取水・排水設備、建家、ｼｬﾍﾞﾙﾛｰﾀﾞｰ、ﾄﾗｯｸｽｹｰﾙ
6．現地建設費	４００	材料費含む
7．送電線関連	４０	トランス、遮断機、送電線工事
8．輸送費	３０	
9．その他	９１０	設計費、一般管理費
合　　計	３，８８０	

（注）PEA によれば、「送電線工事については最長5km までで納まるだろう。付設のためのポールは既存のものを利用できるので、700,000Baht/km でできるだろう。」とのことであったので、700,000Baht/km×5km×2.81円/Baht＝約10百万円を計上している。

しかし、メーカー見積額で IRR（内部利益率）を試算するとまったく採算が採れないので、実プロジェクトに移行する場合を想定し、コストダウンした設備費を設定する。バイオマス発電設備の相場が150千円/kW であることも考慮し、国際競争入札を視野に入れて以降の事業収支を検討する際の設備投資額は表2.6-2に示す価格を使用する。なお、trash 保管は野ざらしとするため、trash 保管場所の設備費は割愛する。

表2.6-2　設備費に関するメーカー見積額　（単位：百万円）

項　　目	見積金額（百万円）	削減率（%）	削減後の価格（百万円）
1．ボイラー	９００	３０	６３０
2．タービン、発電機	４００	３０	２８０
3．コンベア類	３１０	３０	２１７
4．trash 保管場所	７００	１００	０
5．付帯設備	１９０	３０	１３３
6．現地建設費	４００	３０	２８０
7．送電線関連	４０	３０	２８
8．輸送費	３０	３０	２１
9．その他	９１０	１００	０
合　　計	３，８８０	－	１，５８９

また、19台のハーベスタ購入費については以下の額を見込む。

25百万/台 × 19台 ＝ 475百万円

300t/日の Cane を処理できる大型ハーベスタメーカーとしてはオーストラリアの AUSTOFT が有名であるが、同社は現在、オーストラリアからブラジルに会社を移転している状況であり、

価格については不透明である。従来、日本で購入していた実績価格では36百万円/台程度であったが、交渉次第で低く抑えられるとのことである。

（2）人件費

本プロジェクトはSPCを設立してRajburi製糖会社とは別組織で運営管理を行う計画である。以下の人件費を見込む。

経営者	＝2.0百万円/年×1人	＝ 2.0百万円
エンジニア	＝1.0百万円/年×2人	＝ 2.0百万円
運転員	＝0.3百万円/年×6人×3班	＝ 5.4百万円
事務職員	＝0.3百万円/年×2人	＝ 0.6百万円
	合計	10 百万円

（3）trash収集費

trash の回収はハーベスタに設置したコンテナを利用して自動的に収集する方式であるため、農家への新たな負担はないものと考えて、運搬費のみをtrash購入経費として計上する。運搬費用は水分率がバガスとほぼ同じであることからバガスの運搬費である60Baht/t(Rajburi 社からの情報)と設定する。

（4）ライスハスク購入費

ライスハスクについては現在、800～900Baht/t といった高値で取り引きされているが、バガスに対する熱量比1.911で売買価格を設定すると、バガスが200Baht/t であることから400Baht/t 程度が妥当な価格と考えられる。現在は籾殻発電等による需要過多の状況を反映して価格が高騰しているが、将来的にはリーズナブルな価格に落ち着くものと考えられる。

タイのライスミル協会の意見としても「将来的には500Baht/t 位に落ち着くのではないかとは思うが、タイは市場経済で動いているので、現在は800～900Baht/t でしか購入できないと言わざるを得ない。」との見解であった。実際、本調査を開始した1年前には400Baht/t で取引されていた実績がある。したがって、本プロジェクトでの試算としては熱量的に妥当と考えられ、将来的に落ち着くであろう400Baht/tを採用する。

なお、タイ全土における県別の米生産高とライスハスク量、精米工場数を表2.6-3に示す。

表 2.6-3　県別の米生産高とライスハスク量、精米工場数

a). CROP : RICE (PADDY)
b). RESIDUE : RICE (PADDY) HUSK

Year 1995

Province	Crop Production (tons/year) a)	Potential Residue Production (tons/year) b)	Total No. of Relevant Mills	Aggregate Milling Capacity (tons/year)	Remark
1)North East Region					
Ubon Ratchathani+Amnatcharoen	985,000	227,000	1,869	527	1. Crop production and no.
Surin	764,000	176,000	1,647	464	of rice mills are based on
Nakhon Ratchasima	689,000	158,000	2,301	299	Agricultural Statistics of
Udon Thani+Nongbualampoo	679,000	156,000	1,669	407	Thailand Crop Year 1995/96
Buri Ram	656,000	151,000	2,299	285	published by Office of
Si Sa Ket	650,000	150,000	2,396	271	Agricultural Economics.
Roi Et	614,000	141,000	1,692	363	
Sakon Nakhon	416,000	96,000	1,440	289	
Khon Kaen	400,000	92,000	1,396	287	2. Residue was estimated
Kalasin	369,000	85,000	1,019	362	using a factor of 23% of
Maha Salakham	341,000	78,000	1,557	219	paddy production (figures
Chaiyaphum	310,000	71,000	1,284	241	were rounded).
Nong Khai	266,000	61,000	800	333	
Yasothon	240,000	55,000	558	430	
Nakhon Phanom	234,000	54,000	2,165	108	3.Milling capacity was
Loei	161,000	37,000	763	211	estimated based on the
Mukdahan	108,000	25,000	33	3,273	assumption paddy
Amnat Charaen					production in a province
Nong Bua Lam Phu					was all milled i.e. the
Sub-total	7,882,000	1,813,000	24,888	8,369	paddy production divided
2) Northern Region					by no. of mills.
Nakhon Sawan	835,000	192,000	594	1,406	
Phichit	688,000	158,000	739	931	
Kamphaeng Phet	665,000	153,000	296	2,247	
Phitsanulok	655,000	151,000	720	910	
Phetchabun	520,000	120,000	619	840	
Chiang Rai	462,000	106,000	1,864	248	
Sukhothai	307,000	71,000	539	570	
Chiang Mai	282,000	65,000	887	318	
Utaradit	243,000	56,000	698	348	
Phayao	212,000	49,000	111	1,910	
Lampang	210,000	48,000	1,064	197	
Uthai Thani	170,000	39,000	255	667	
Phrae	104,000	24,000	570	182	
Tak	91,000	21,000	260	350	
Nan					
Mae Hong Son					
Lamphun					
Sub-total	5,444,000	1,253,000	9,216	11,123	
3) Central Region					
Suphan Buri	1,056,000	243,000	341	3,097	
Chai Nat	701,000	161,000	377	1,859	
Chachoengsao	591,000	136,000	351	1,684	
Nakhon Pathom	538,000	124,000	273	1,971	
Ayutthaya	509,000	117,000	235	2,166	
Pathum Thani	427,000	98,000	125	3,416	
Ratchaburi	423,000	97,000	260	1,627	
Kanchanaburi	395,000	91,000	199	1,985	
Prachin Buri+Sakoew	380,000	87,000	385	987	
Lop Buri	346,000	80,000	219	1,580	
Nakhon Nayok	332,000	76,000	88	3,773	
Sing Buri	297,000	68,000	131	2,267	
Ang Thong	210,000	48,000	116	1,810	
Nonthaburi	194,000	45,000	73	2,658	
Phetchaburi	190,000	44,000	446	426	
Saraburi	179,000	41,000	222	806	
Bangkok	111,000	26,000	122	910	
Trat					
Chanthaburi					
Prachuap Khiri Khan					
Rayong					
Samut Prakarn					
Samut Sakhon					
Samut Songkhram					
Chon Buri					
Subtotal	6,879,000	1,582,000	3,963	33,021	
4)Southern Region					
Nakhon Sri Thammarat	284,000	65,000	1,290	220	
Phatthalung	155,000	36,000	643	241	
Songkhla	127,000	29,000	514	247	
Suratthani					
Pattani					
Narathiwat					
Yala					
Trang					
Ranong					
Satun					
Phangnga					
Phuket					
Sub-total	566,000	130,000	2,447	708	
Total	20,771,000	4,778,000	40,514	53,222	

（5）モニタリング経費、検証費用

CDM プロジェクトとして実施するため、モニタリング経費と指定運営機関（DOE: Designated Operational Entity）によるモニタリング報告書の検証費用を合わせて毎年3百万円を見込む。

（6）SPC 運営費

SPC 会社としての運営経費（総務・広報関連費用、事務所運営費用、会計監査費用、弁護士費用など）として20百万円を見込む。これには社員の人件費は含まない。

以上の経費及びその他経費について、本プロジェクト実施のために毎年必要な運転経費及び条件設定内容を表2.6-4に示す。

表2.6-4　毎年の運転経費と事業収支検討用設定内容表

項　　目	金　額	備　　考
１．人件費	１０百万円	
２．trash 購入費	１２百万円	60Baht/t×73,200t/年×2.81円/Baht
３．ライスハスク購入費	７２百万円	400Baht/t×64,300t/年×2.81円/Baht
４．設備維持費	２０百万円	
５．設備関係消耗品費	１０百万円	
６．工業用水購入費	５百万円	15.81Baht/t × 15t/h × 24h × 330 日 × 2.81円/Baht
７．借入土地代	８．４百万円	120円/m^2×70,000m^2
８．モニタリング経費	３百万円	
９．SPC 運営費	２０百万円	
10．借入金金利	５％	年率
11．実効税率（法人税等）	３０％	
12．償却率	１４．２％	定率償却、残存価額10%まで
13．繰延資産償却年数	５年	定額償却
14．建設年数	１年	建中金利計算用
15．資金調達中の資本金割合	３０％	
16．借入金返済方法	最短	会計上可能な限り最短で返済

2.6.2 収入

（１）EGAT からの売電収入

本プロジェクトで発電した電力は EGAT に売電するが、その売電価格については EGAT の売買条項に計算式の記載がある（添付資料21参照）。売電価格は設備規模に応じた分と発電電力量に見合ったものの2種類で構成されている。バイオマス発電の場合、その計算式は以下の通りである。

・設備支払レート(Baht/kW /月)＝CP_0×[0.8×(Baht/ US$レート／38)＋0.20]

＝400×[0.8×(39／38)＋0.20]

＝408.42Baht/kW/月

（売電契約が 20 年超 25 年以下の場合、CP_0は 400Baht/kW/月と定められている。）

・エネルギー支払レート(Baht/kWh)

＝1.49＋（天然ガス単価－151.4518）×8600×10^{-6}

＝1.49＋（158.6192－151.4518）×8600×10^{-6}

＝1.552Baht/kWh

（天然ガス単価は2003年10月～12月の3ヶ月平均で158.6192Baht/millionBtu であった。）

本プロジェクトでの PEA への売電量は以下のようになる（330日の売電期間中の日曜は47日、祝祭日は13日である）。

平日：（8MW×13.5h/日＋6MW×10.5h/日）×（330－47－13）日＝46,170MWh

休日：（6MW×24h/日）×（47＋13）日　＝ 8,640MWh

合計　54,810MWh

したがって、売電収入は以下のように計算できる。

設備相当分：408.42Baht/kW/月×8MW×12ヶ月＝ 39,208Baht/年

燃料相当分：1.552Baht/kWh×54,810MWh/年　＝ 85,065Baht/年

合計　124,273Baht/年

2.81円/Baht を用いてこれを円に換算すると、349百万円となる。

（２）アルコール工場からの売電収入

アルコール工場では7t-s/h の蒸気を用いて、5.7t-m/h（t-m は廃糖蜜のトン数）の廃糖蜜からエタノールを生産する計画である。Rajburi 製糖工場で発生する廃糖蜜は Cane の4.3%とすると平年収量863,200t-c/年では以下のように見積もることができる。

863,200t-c/年×4.3%＝37,100t-m/年

37,100t-m/年の量を処理する日数は以下のようになる。

37,100t-m/年÷5.7t-m/h÷24h＝271日

したがって、SPC からアルコール工場への売電による収入は以下のように見込める。

0.36MW×24h/日×271日＝2,341MWh

一方、アルコール工場への売電についても前述の EGAT への売電単価を適用するものとする。単位電力当たりの単価は349百万円÷54,810MWh＝6.4円/kWh であるので、アルコール工場からの売電収入は以下のようになる。

6.4円/kWh×2,341MWh＝15百万円

（3）ハーベスタのレンタル収入

Rajburi からの情報によると、120t-c/日の Cane を刈ることができるハーベスタのレンタル費は650Baht/h という価格が設定されているとのことである。SPC が新規に購入するものは240t-c/日の刈り取りを見込んでいるので、レンタル費も1,300Baht/h と設定する。したがって、ハーベスタによるレンタル収入は以下のようになる。

1,300Baht/h×7h/日×87日×19台×2.81円/Baht＝42,269千円/年

（4）ライスハスクの燃焼灰収入

本プロジェクトで燃料として計画しているライスハスクにはシリカが含まれていることから、ボイラーで燃焼させた後の灰は半導体のシリコン原料として高値で売却できるとの情報を得た。その価格は灰の成分にもよるが、US$300/t で取り引きされている実績があるそうである。もし、本プロジェクトで使用する64,300t のライスハスクの不純物が少なく、十分なシリカを含んでおり、US$300/t で売却できるとすれば、その収入は以下のようになる。

US$300/t×64,300t×19%×109円/US$＝399百万円
（ライスハスクに対する灰の割合は19%:添付資料22）

しかし、ライスハスクの購入先については確定しておらず、400Baht/t で購入できる精米所のライスハスクの成分について現段階で特定することはできないため、この収入については算入しないこととする。

以上のように、ライスハスクの灰売却を除く本プロジェクトでの収入は表2.6-4のようになる。

表2.6-4　本プロジェクトでの収入一覧表

項　　目	金　額	備　　考
１．EGAT からの売電収入	３４９百万円	
２．アルコール工場からの売電収入	１５百万円	
３．アルコール工場からの蒸気販売収入	６４百万円	500Baht/t×7t/h×24h×271日×2.81円/Baht
４．ハーベスタのレンタル収入	４２百万円	
合　　計	４７０百万円	

2.6.3 資金調達方法

本プロジェクトを開始するために必要な資金の30%は資本金で、残り70%は融資でそれぞれ調達する場合の資金調達案を図2.6-1に示す。

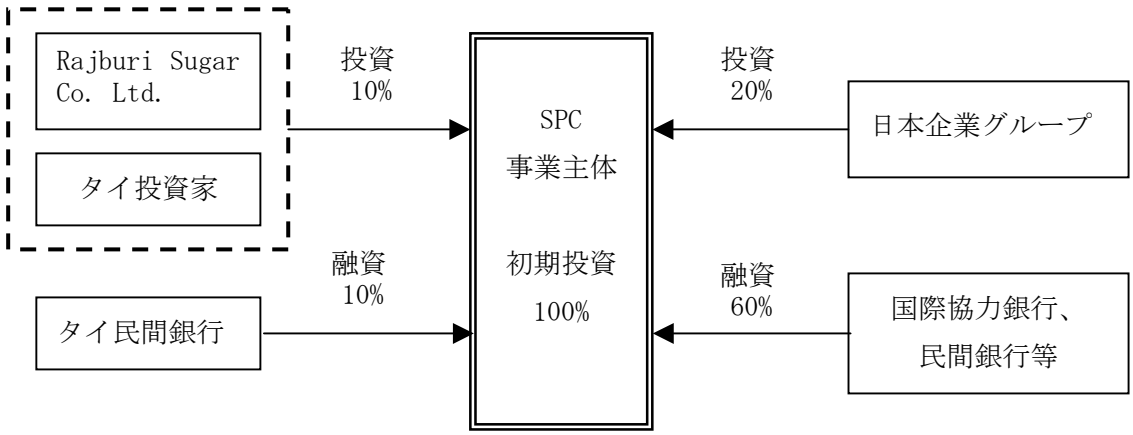


図2.6-1　本プロジェクトの資金調達計画案

2.6.4 公的資金を利用する場合の資金源の情報

政府系金融機関である国際協力銀行（JBIC）の国内融資であるサプライヤーズ・クレジットを申請する。

ODA と見なされるような公的資金は利用しない。また、CDM プロジェクトとしての承認をタイ政府に求める際、そのことを証明する書類（日本政府からの手紙）を入手する。

2.6.5 資金調達の見通し

図2.6-1に示した資金調達の見通しについてはまだ不透明である。ライスハスクの購入価格が妥当なレベルに落ち着いたら、投融資者に具体的なプロジェクト説明を実施し、SPC を設立する予定である。その際には、新エネルギー・産業技術総合開発機構（経済産業省）や環境省の補助金申請も視野に入れるものとする。

2.7 モニタリング計画

2.7.1 モニタリングの方法

温室効果ガス排出量のモニタリング計画の要点は以下の通りである。

1) クレジット期間内におけるプロジェクト境界内の全温室効果ガスの計測・評価に必要な全関連データを収集し保存すること
2) クレジット期間内におけるプロジェクト境界内のベースライン設定に必要な全関連データを収集し保存すること
3) クレジット期間内にプロジェクト境界外で生じた全温室効果ガスの排出量増加であって、プロジェクトと因果関係のあるもの（すなわちリーケージ）に関するデータを収集保存すること
4) 環境影響分析および評価に関する情報を収集し保存すること

第3章で説明するが、本プロジェクトが該当する小規模 CDM プロジェクトのタイプ I.D の規定によると、売電量やバイオマス燃料使用量（化石燃料との混焼発電の場合）だけがこのタイプのプロジェクトに関わるモニタリング対象項目となっていることから、ここではボイラー起動時の始動燃料使用やバイオマス燃料運搬に伴う軽油燃料使用などの付随的な活動からの GHG 排出量はモニタリングの対象としない。また、リーケージのモニタリングが必要なケース（既設の発電設備の移転によるプロジェクト）に該当しない。以下、モニタリングの対象項目を列挙する（括弧内は収集・保存すべきデータ）。

発電量

電力メーターにより直接計測（設備運転記録）

毎月記録

EGATへの売電量

電力メーターにより直接計測（設備運転記録、会計データ）

毎月記録

設備運転状況

緊急停止等の設備異状を記録（設備運転記録、業務日誌）

年4回集計

排ガス集塵装置稼動状況

大気汚染防止対策を確認（点検作業記録）

年4回確認

発電設備関連冷却水等の水使用量

メーターにより直接計測（設備運転記録、会計データ）

毎月集計

その他

関連法（環境法、電力法等）や関連政策の動向（該当政府窓口）などを適宜調査し、記録する。また、地域社会からの苦情等を受け付ける。

2.7.2 モニタリングの品質管理

これらのモニタリングデータを確実に収集・保存するための体制と役割分担を文書化し、ISO9000シリーズ等の品質管理手法により、計画、実行、確認、修正の継続的改善サイクルにより運用する。SPC におけるモニタリング活動の組織図と役割分担を図2.7-1に示す。

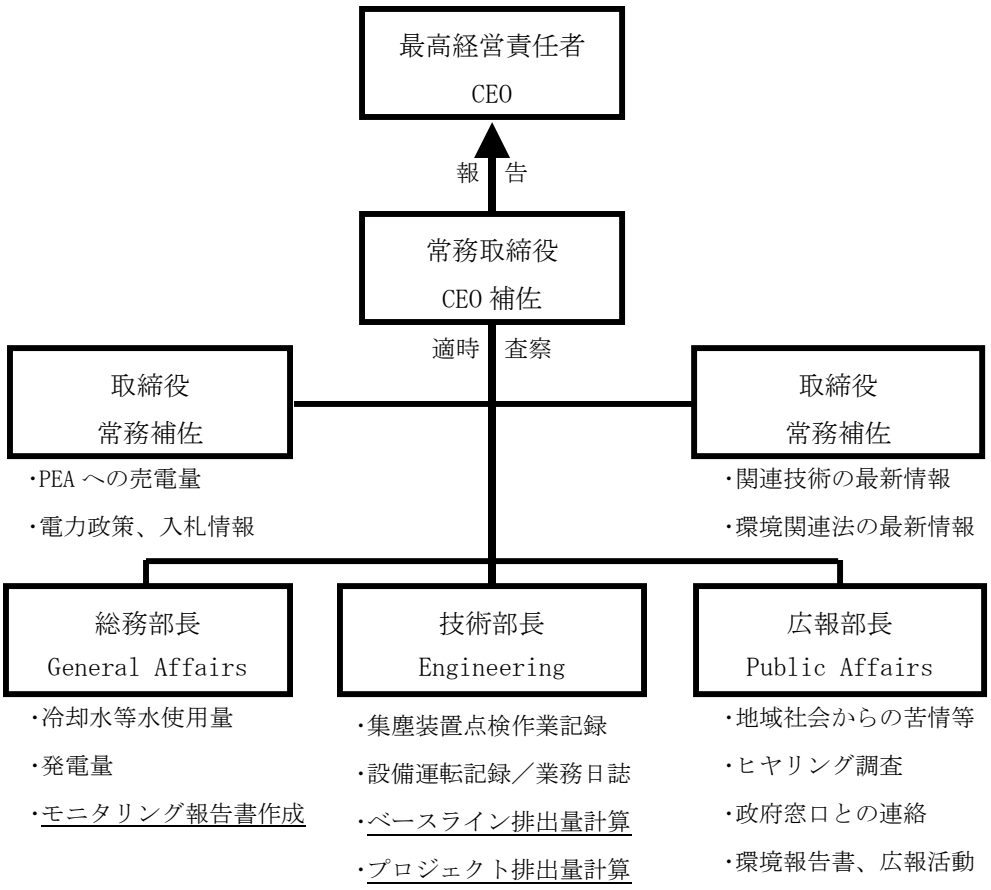


図 2.7-1　モニタリング活動に関する組織図と役割分担

第３章　プロジェクトの評価

3.1 ベースラインの概要

第7回CDM理事会(2003年1月開催)において小規模CDM（Small-Scale CDM: SSC）のプロジェクト設計書（PDD）と簡素化方法論に関するガイドラインが“first living version”として採択された。それによると、コジェネレーションシステムが小規模CDMの適格性を有するためには、すべての形態のエネルギーアウトプットについてそれらの合計が45$MW_{thermal}$を超えてはならない、とされている。本CDMプロジェクトの場合、一次ボイラーの定格出力は60t/hであり、蒸気1kg/h≒0.7kWで換算するとこれは約42MW（<45MW）に相当することから、コージェネレーション設備容量に関しては小規模CDM活動としての前提条件を満たしている。

また、本プロジェクトが BAU（business as usual：通常の事業）ではないこと（追加的であること）の理由として、上述の小規模 CDM ガイドラインの付録 B の添付 A（Attachment A to Appendix B）に規定された4種類のバリア（当該事業の実現を妨げていると考えられる障害）のうち、少なくとも投資のバリア（investment barrier）が該当するものと考える。すなわち、“当該プロジェクト活動に代替する、投資上より実効性の高い代替案が、より多くの GHG 排出を生じさせたかもしれない”ケースに本プロジェクト活動は該当する。その根拠として、以下の点が挙げる。

① CDM プロジェクトではない通常の事業（CER 獲得による収入なし）を想定した場合、後述する3.3（収益性比較）によると当該事業の内部利益率は4.98%と予想され、事業リスクを伴う投資行為の意思決定にかかわる重要な指標である事業収益性の判断基準（控え目に見ても IRR は10%以上）を大きく下回っている。したがって、“当該プロジェクト活動に代替する、投資上より実効性の高い代替案”はホスト国にはいくらでも存在するであろう。

② ホスト国タイにおける長期国債（格付け会社S&PによるランクはA^-）の利回りが約6%であることを勘案すると、投資者から見て限りなく投資リスクの低いタイ国の長期国債は、IRRがより低い本プロジェクト（通常の投資リスクを伴う）よりは魅力的である。

③ 投資案件の検討には一定の費用や時間を要することを考慮すると、本プロジェクトの事業規模が小さい点も投資対象としての魅力に欠けるであろう。

以上の考察から、サトウキビ畑から trash を回収運搬してバイオマス燃料として利用する本プロジェクトに対し、より安価で安定供給が確実な化石燃料（石炭、ディーゼルなど）を利用する IPP 事業が“投資上より実効性の高い代替案”と考えられ、そのような代替シナリオの下ではより多くの GHG 排出を生じるものと予想される。

このように、ホスト国において本プロジェクトの実現を妨げていると考えられるバリアの存在は明白であり、このことにより本プロジェクトは小規模 CDM としての適格性を有するものと考える。

小規模 CDM 事業では簡易ベースラインおよびモニタリング方法論が利用できる。本小規模 CDM プロジェクトは、小規模 CDM のプロジェクトタイプ I.D（グリッド用の再生可能電力発電）に分類され、また接続対象グリッドに現在供給されている電力が燃料油またはディーゼル燃料を利用するシステムからのものだけで構成されているわけではないことから、ガイドラインに記載された以下の2種類の簡易ベースラインのいずれかを使用できる。

・　近似オペレーティングマージンとビルドマージンの平均値
・　現状の発電ミックスの加重平均排出量

3.1.1 プロジェクト領域における現在の温室効果ガス排出状況

本プロジェクトを実施する予定領域は、現在のRajburi製糖工場構内の一部およびその周辺の空地（草地）からなる。したがって、老朽化した既存のコージェネレーション設備等からのCO_2排出やため池からのメタンガス排出など、本プロジェクト領域に関して現時点で特記すべき温室効果ガスの排出源は存在しない。

3.1.2 ベースラインの選定

本CDMプロジェクトのベースラインとしては、小規模CDMタイプI.Dにおける適用可能な簡易ベースラインのうち、「現状の発電ミックスの加重平均排出量」を選定する。すなわち、事業開始時点での最新の発電ミックス加重平均排出量（本プロジェクトの売電量にグリッド電源の加重平均排出係数を乗じた値）をベースラインとする。現時点で入手可能な最新データは2002年のデータであることから、本報告書ではこのデータをベースラインの計算に使用する。

なお、本プロジェクトに対して使用できる簡易ベースラインのうち、上記の“近似オペレーティングマージンとビルドマージンの平均値”を選定しない理由は以下の通り。

・　近似オペレーティングマージンについては、本プロジェクトが実現しないとした場合の本プロジェクトによる供給電力相当分が既設の火力電源による負荷対応に必ずしも結びつかない。すなわち、現実のグリッドによる負荷対応の仕組みは複雑であり、単純に火力電源を本プロジェクトの代替電源と想定することは妥当でない。
・　ビルドマージンについては、電力自由化が進行中のホスト国の最新発電設備についてGHG 排出係数の計算に要求される品質（信頼性、一貫性、透明性）を満足するデータ（主として、発電量と燃料消費量）を民間会社から入手することは困難である。

3.1.3 リーケージ（事業の境界外で発生する排出量変化）の検討

本小規模CDMプロジェクトが該当するタイプI.Dの規定によると、当該プロジェクトが既設の発電設備をどこからか移転、導入するケースに該当する場合にリーケージを計算することとされている。本プロジェクトはバイオマス発電の新設プロジェクトであり、ホスト国における既設の発電設備を移転、導入するケースには該当しない。したがって、リーケージを考慮する必要はない。以下、参考までに本プロジェクトに起因する可能性のあるリーケージについて考察する。

本CDMプロジェクト実施に起因するプロジェクト境界外での温室効果ガス排出については、本プロジェクトで使用するtrashが境界外のどこかで化石燃料の代替となっている事実あるいは情報はまったくない。他方、ライスハスクの一部については、すでにホスト国内でバイオマス発電燃料として使用されている。しかし、本プロジェクトで使用する量が年間64,300t であって、タイ全土で発生するライスハスク量の1.3%程度に過ぎないことから、本プロジェクト実施によって供給量に支障を来たし、そのことが原因で事業境界外での新たな化石燃料の使用を引き起こすとは考えられない。

また、本プロジェクトでは燃料として使用したtrashの灰をそのまま肥料としてサトウキビ畑に還元することから、trashを回収した畑での化学肥料の追加施肥は必要なく、したがって追加的な施肥に起因した亜酸化窒素（N_2O）発生によるリーケージはないと考える。

結論として、現時点で本プロジェクト実施に起因するリーケージはない。

3.2 温室効果ガス排出削減効果

3.2.1 温室効果ガス排出削減効果が発生する技術的根拠

本プロジェクト実施により温室効果ガス排出削減効果が期待できる技術的根拠は以下の通りである。

- EGAT のグリッド電源構成に化石燃料（天然ガス、石油、石炭など）による火力発電が含まれているため、ベースラインの温室効果ガス排出係数はプラス。
- 本プロジェクトの熱電供給システムに供給する燃料は trash とライスハスクだけであり、これらバイオマス燃料のボイラー燃焼に伴う温室効果ガス排出係数はゼロ（カーボンニュートラル）。
- 上記2種類の排出係数の違いがベースラインと比較した場合の本プロジェクト活動による温室効果ガス排出削減効果となる。

なお、アルコール生産工場が本プロジェクト境界に隣接して進出し、そこへ本プロジェクトから熱電供給することが期待されるものの、現時点でそのようなアルコール生産工場の具体的な進出計画は存在しない。したがって、本プロジェクト活動による架空のアルコール生産工場への熱電供給による温室効果ガス排出削減効果については、本調査の検討対象としない。

3.2.2 温室効果ガス排出削減効果量

温室効果ガス排出削減効果量は以下の3項目から求める。

① ベースライン排出量

EGAT電源開発計画（2003年4月公表）（General Information, EGAT Power Development Plan, April 2003:添付資料23）に掲載された2002年の発電量と燃料消費量の実績データをもとに、EGATグリッドの平均CO_2排出係数（2002年ベース）を算出した結果、0.642t-CO_2/MWhを得た。計算データおよび計算方法を表3.1に示す。なお、表中の単位発熱量（TJ/kt：低位発熱量）、炭素排出原単位（tC/TJ）、炭素の酸化比率係数（0.98～0.995）には、IPCCガイドライン（1996年版）のデフォールト値を採用した。

本プロジェクトによるEGATへの年間売電量は54,810MWhであることから、これらを乗じた値、すなわち35,188t-CO_2が年間のベースライン排出量となる。

② プロジェクト排出量

上述した通り、バイオマス燃料消費によるCO_2排出はないものとする。本プロジェクトが該当する小規模CDMプロジェクトのタイプI.Dの規定によると、売電量やバイオマス燃料使用量（化石燃料との混焼発電の場合）だけがこのタイプのプロジェクトに関わるモニタリング対象項目となっていることから、ここではボイラー起動時の始動燃料使用やバイオマス燃料運

搬に伴う軽油燃料使用などの付随的な活動からのGHG排出量は考慮する必要はないと解釈する。参考までに表3.2に示す計算により、本プロジェクト（平均収穫量ケース）のバイオマス燃料運搬によるCO_2排出量は年間3,804t-CO_2と推定される。

③　リーケージ

上述した通り、リーケージによる境界外排出量はゼロ。

以上のデータから、①のベースライン排出量（35,188t-CO_2）から②のプロジェクト排出量（ゼロ）と③のリーケージ（ゼロ）を差し引いた値、すなわち35,188t-CO_2が本プロジェクト活動による年間のCO_2排出削減量となる。したがって、全クレジット期間の総排出削減量は以下の通り。

- クレジット期間10年の総排出削減量＝351,880t-CO_2
- クレジット期間21年（7年×3回）の総排出削減量＝738,948t-CO_2

3.3 収益性比較

表3.3に本プロジェクトの事業収支計画をその計算データとともに示す。

なお、本プロジェクトについては、燃料として使用するライスハスクの燃焼灰が高値で売却できる可能性もあることから、この収益を含めると事業性はある程度改善するものと期待される。一方、ライスハスクの購入価格は近年の需要過多を反映して高騰しているため、事業経費の一部である燃料購入費用に不確定要素を含んでいる。

3.3.1 内部利益率（IRR）

事業収支計画表から、本 CDM プロジェクトの IRR（10年間）は4.98%と計算される。また、炭素クレジット（CER）の価値を US$5（=¥550）とした場合では、IRR は1.15%上昇して6.13%となる。

参考までに、サトウキビ収穫量が過去5年間の平均値ではなく最低値および最高値とした参考ケースでは、IRR はそれぞれ3.59%および6.67%となり、プロジェクト実施期間中のサトウキビ収穫量の変動による IRR の変動はおそらくこの範囲に収まると予想される。

3.3.2 投資回収年数

事業収支計画表より、本プロジェクト開始から9年目に累積損失が解消して黒字を計上する予想であることから、投資回収年数は9年となる。

3.3.3 温室効果ガス排出削減効果

本プロジェクト活動により、BAUシナリオと比べて化石燃料消費量削減による温室効果ガス排出量（年間35,188t-CO_2）を削減できる見通しである。この分、本プロジェクトの実施により地球温暖化対策に貢献できることになる。

表3.1　EGATの電源別CO_2排出係数：EGAT電源開発計画（2003年4月公表）に掲載された2002年の発電量と燃料消費量の実績データをもとに算出

EGATの原データ（2002年実績）					IPCCガイドラインに準拠して算出					
燃料の種類	発電量 (GWh)	MMSCFD	10^6 liter	10^6 ton	重量換算 (kt)	単位発熱量 (TJ/kt)	炭素排出原単位 (tC/TJ)	炭素の酸化比率係数	CO_2排出量 (t-CO_2) (B)×(C)×(D)×(E)×44/12	CO_2排出係数 (t-CO_2/MWh)
	(A)				(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(F)÷(A)
水力										
EGAT	6,481									
LAO PDR	2,807									
Total	9,288								0	0
天然ガス										
EGAT	35,608	860			7,481.28				21,840,548	0.6134
EGCO	11,647	309			2,688.04				7,847,356	0.6738
RATCH	10,872	246			2,139.99	52.30	15.30	0.995	6,247,401	0.5746
IPP	9,317	218			1,896.42				5,536,332	0.5942
小計	67,444	1,633			14,205.73				41,471,638	0.6149
SPP	9,246				1,947.48				5,685,395	0.6149
合計	76,690	1,633			16,153.21				47,157,033	0.6149
重油										
EGAT	2,024		521		491.98				1,514,449	0.7482
RATCH	0		0		0.00	40.19	21.10	0.99	0	
小計	2,024		521		491.98				1,514,449	0.7482
SPP	37				8.99				27,674	0.7479
合計	2,061		521		500.97				1,542,122	0.7482
軽油						43.33	20.20	0.99		
EGAT	258		67		56.49				179,481	0.6957
亜炭						12.14	27.60	0.98		
EGAT	16,890			15.2	15,200.00				18,300,749	1.0835
輸入石炭										
IPP	0			0	0.00	26.38	26.80	0.98		
SPP	2,541			0	945.23				2,401,281	0.9450
合計	2,541			0	945.23				2,401,281	0.9450
再生可能エネルギー										
SPP	648								0	0
新設備	0								0	0
総計	**108,376**								**69,580,666**	**0.642**

表3.2　本プロジェクトのバイオマス燃料運搬によるCO_2排出量の推定（参考値）

項目	数値	参照
(1) バイオマス燃料運搬量 ： trash	72,987 t/年	実際のtrash使用量
： ライスハスク	64,300 t/年	2.3.4参照
(2) 平均往復走行距離	100 km/往復	Rajburi Sugar データ
(3) 1回で運べるtrash量	4 t/回	Rajburi Sugar データ
(4) 大型トラックCO_2排出係数 (US heavy-duty diesel truck)	1.108 kg-CO_2/km	IPCCガイドラインより算出 ・CO_2: 1,097g/km ・CH_4: 0.06g/km ・N_2O: 0.031g/km
(5) 年間走行距離 ： trash	1,824,675 km/年	(1) ÷ (3) × (2)
： ライスハスク	1,607,500 km/年	(1) ÷ (3) × (2)
年間CO_2排出量 ： trash	2,022 t-CO_2/年	(5) × (4) ÷ 1000
： ライスハスク	1,782 t-CO_2/年	(5) × (4) ÷ 1000
合計年間CO_2排出量	**3,804 t-CO_2/年**	

表3.3 事業収支計画一覧表

事業収支計画一覧表 (Ver. 1.0)　《Rajburi製糖工場におけるバイオマス熱電併給施設効率改善可能性調査》　CO_2クレジット＝なし

(単位:百万円)	事業年度	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
損益計算書																						
売上高	-	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470
営業経費 (=売上原価+販管費)	-	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
減価償却費	-	293	251	216	185	159	136	117	100	86	74	63	54	47	40	34	1	0	0	0	0	0
土地リース代	-	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4
営業利益	-	8	50	85	116	142	165	184	201	215	227	238	247	255	261	267	300	301	301	301	301	301
支払金利	-	148	67	55	43	31	19	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
繰延資産償却費	-	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
税引前当期利益	-	-144	-21	27	69	107	146	177	201	215	227	238	247	255	261	267	300	301	301	301	301	301
法人税等	-	0	0	8	21	32	44	53	60	65	68	71	74	76	78	80	90	90	90	90	90	90
当期利益	-	-144	-21	19	48	75	102	124	141	151	159	166	173	178	183	187	210	211	211	211	211	211
キャッシュフロー計算書																						
税引前当期利益	-	-144	-21	27	69	107	146	177	201	215	227	238	247	255	261	267	300	301	301	301	301	301
償却費 (設備+繰延)	-	297	255	220	189	163	136	117	100	86	74	63	54	47	40	34	1	0	0	0	0	0
不足資金借入	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
資金調達合計	-	153	235	246	258	270	282	294	301	301	301	301	301	301	301	301	301	301	301	301	301	301
法人税等支払	-	0	0	8	21	32	44	53	60	65	68	71	74	76	78	80	90	90	90	90	90	90
借入金返済	-	153	235	238	238	238	238	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
不足資金返済	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
余剰資金増減	-	0	0	0	0	0	0	97	241	237	233	230	227	225	223	221	211	211	211	211	211	211
資金運用合計	-	153	235	246	258	270	282	294	301	301	301	301	301	301	301	301	301	301	301	301	301	301
貸借対照表																						
流動資産 (余剰資金)	-	0	0	0	0	0	0	97	337	574	807	1,037	1,264	1,489	1,712	1,933	2,144	2,355	2,566	2,777	2,987	3,198
固定資産	2,064	1,771	1,519	1,304	1,119	960	823	707	606	520	446	383	329	282	242	208	206	206	206	206	206	206
[償却資産]	2,064	1,771	1,519	1,304	1,119	960	823	707	606	520	446	383	329	282	242	208	206	206	206	206	206	206
[土地]	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
繰延資産	20	16	12	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
資産合計 (資産の部)	2,084	1,787	1,531	1,312	1,123	960	823	803	944	1,094	1,253	1,420	1,593	1,771	1,954	2,140	2,351	2,561	2,772	2,983	3,194	3,405
借入金 (当初借入)	1,484	1,331	1,097	858	621	383	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
不足資金借入金 (追加借入)	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
負債合計	1,484	1,331	1,097	858	621	383	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
資本金	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
その他資本金	-	-144	-165	-146	-98	-23	79	203	344	494	653	820	993	1,171	1,354	1,540	1,751	1,961	2,172	2,383	2,594	2,805
資本合計	600	456	435	454	502	577	679	803	944	1,094	1,253	1,420	1,593	1,771	1,954	2,140	2,351	2,561	2,772	2,983	3,194	3,405
負債・資本合計 (負債及び資本の部)	2,084	1,787	1,531	1,312	1,123	960	823	803	944	1,094	1,253	1,420	1,593	1,771	1,954	2,140	2,351	2,561	2,772	2,983	3,194	3,405

採算計算		第1期	第2期	第3期	第4期	第5期	第6期	第7期	第8期	第9期	第10期	第11期	第12期	第13期	第14期	第15期	第16期	第17期	第18期	第19期	第20期	第21期
		−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
税引後キャッシュフロー	-	153	235	238	238	238	238	241	241	237	233	230	227	225	223	221	211	211	211	211	211	211
税引後キャッシュフローの累計 [S]	-	153	387	626	863	1,101	1,340	1,581	1,821	2,058	2,291	2,521	2,748	2,973	3,196	3,417	3,628	3,839	4,050	4,261	4,471	4,682
[S] - 投下資本	-	-1,931	-1,697	-1,458	-1,221	-983	-744	-503	-263	-26	207	437	664	889	1,112	1,333	1,544	1,755	1,966	2,177	2,387	2,598
投下資本営業利益率 [ROI]	-	0.39%	1.39%	2.29%	3.11%	3.86%	4.53%	5.15%	5.71%	6.22%	6.69%	7.12%	7.51%	7.87%	8.21%	8.51%	8.88%	9.21%	9.50%	9.76%	10.00%	10.21%
内部利益率 [IRR] (利息除外、税金繰込)	-					-11.28%	-5.63%	-1.68%	1.18%	3.33%	4.98%	6.26%	7.28%	8.09%	8.75%	9.29%	9.73%	10.09%	10.39%	10.65%	10.87%	11.05%
(IRR計算データ)	-2,084	301	301	293	280	269	257	248	241	237	233	230	227	225	223	221	211	211	211	211	211	211

設定項目	設定値	
償却率 (定率償却、残存価額10%まで)	*0.142*	←15年償却
繰延資産償却年数 (定額償却)	*5*	
借入金支払金利	*0.05*	
実効税率 (法人税等)	*0.30*	
借入金返済方法:会計上可能な限り最短		
土地リース代単価 (円/m2/年)	*120*	
土地リース面積 (m2)	*70,000*	
建設年数 (建中金利計算用)	*1*	
資本金／資金調達	*0.3*	

IRR (第10期)
4.98%

入力項目内訳	設定値		
売上高	470		
・電力、蒸気販売等による総事業収入	*470*	*	
・その他収入	-		
・CO2クレジット (CER) 販売収入	0	35,188 t-CO2/年	*0* 円/t-CO2
営業経費	160		
・人件費	*10*		
・設備維持費	*20*		
・設備関係消耗品費	*10*		
・燃料購入費等	*89*	*	
・その他 (土地代、SPC運営費、検証費用)	*31*		
初期設備投資 (ハーベスタ含む)	2,064	TSK見積	(設計費4億円、一般管理費5.1億円含まず)
・ボイラー	630	2,270	
・タービン、発電機	280	*900*	EP、純水装置、据付工事含む
・周辺機器	350	*400*	コンデンサー、エアフィンクーラー含む
・電気・配管工事	28	*500*	コンベア、取水・排水設備、ｼｬﾍﾞﾙﾛｰﾀﾞｰ、ﾄﾗｯｸｽｹｰﾙ、建家 (タービン、制御室、SPC事務所)
・現地建設費	280	*40*	
・輸送費	21	*400*	
・ハーベスタ (trash用コンテナ付)	475	*30*	
SPC設立費用 (繰延資産)	*20*	*25*	25百万円×台数　　*19* 台

3.4 環境影響分析

3.4.1 大気

本プロジェクトによる周辺の大気環境への影響としては、ばいじん、NOx（窒素酸化物）、SOx（硫黄酸化物）の排出による影響が考えられる。

ばいじんについては、電気式集じん機を設置し、粒子状物質濃度を120mg/m^3_N以下（タイの排出基準は、粒子状物質：400 mg/m^3_N以下）にしてから排出する計画である。

NOxについては、排出濃度は250ppmで設計しており、排出基準（NO_xで470mg/m^3_N又は250ppm以下）を満足するものと考えられる。

SOx については、排出濃度は trash 燃焼時に300ppm（trash 及びライスハスク中のＳ分：0.1%と想定）と予想している。脱硫装置の設置は現時点では想定していないが、排出基準（SO_2で1,300mg/m^3_N又は500ppm以下）を満足しないおそれがある場合には、脱硫装置を設置するものとする。

以上のように、本プロジェクトを実施する場合には周辺の大気環境への影響が十分少ない設備を設計するものとする。

3.4.2 水質

Rajburi 製糖工場敷地内には沈澱池があり、既設プラントからの排水は沈澱池において懸濁物等を取り除き、再利用している。本プロジェクトにおいても、Rajburi 製糖工場内の既存沈殿池を利用し、排水をプラント等の用水として再利用する計画である。排水を敷地外に排出しないことから、周辺の水環境への影響は特にないものと考えられる。

3.4.3 騒音

主要な騒音発生源となる機器は、建屋内に収納することを基本とし、屋外に設置せざるを得ない機器についても低騒音型機器の採用に努め、必要に応じて遮音壁の設置、機器配置の検討等の対策を講じること、Rajburi 製糖工場敷地は広大であり発電所近傍に住宅地等は存在しないことから、周辺の環境に与える影響は特にないものと考えられる。

3.4.4 振動

本プロジェクトにおいて、主要な振動発生源となる機器は、基礎を強固なものにする等の対策を講じること、Rajburi 製糖工場敷地は広大であり発電所近傍に住宅地等は存在しないことから、周辺の環境に与える影響は特にないものと考えられる。

3.5 その他の間接影響

3.5.1 経済的影響

プラント建設の際には、可能な限り地元業者に建設・資機材調達を依頼する計画であり、また、運開後もプラントの運営・管理に新たに数十名の雇用が必要となるため、地域の雇用が増大する。

一方、ハーベスタの導入により、サトウキビ収穫作業の雇用が減少することとなるが、サトウキビの収穫作業は労働条件が厳しく、労働者の確保に苦労するため外国人季節労働者を雇って対応しているような状況を考慮すると大きな問題になるとは考えられない（「3.6 利害関係

者からのコメント」参照）。また、砂糖産業としても、国際市場での競争力維持強化を図るには、収穫作業の機械化を行って生産コストを下げる必要があり、農業協同組合省も短期的開発指針として、収穫用機械の使用による収穫コストの削減を謳っている。このように、収穫作業の機械化は今後進んで行くべき方向であり、本プロジェクトを実施することにより一時的な雇用の減少はあるものの、時勢を先取りしたものと考えることができる。

3.5.2 社会的影響

trash の燃料利用はこれまで実施されておらず、タイ国内だけでなく、サトウキビ生産の多い諸外国においても、普及の可能性が期待できる。電源不足の国々においては、trash の燃料利用は、CDM 事業としての意味だけでなく未利用燃料の発掘にもなり、供給電力量の拡大につながる可能性がある。

また、「3.5.1 経済的影響」でも記載したように、収穫作業の機械化は砂糖産業の進むべき道であり、タイ国内の他の製糖工場への普及効果が考えられる。

3.6 利害関係者からのコメント

利害関係者として、事業参画者である Rajburi 製糖工場関係者とサトウキビ栽培者を対象にヒアリング調査を行った。

3.6.1 Rajburi 製糖工場関係者（Araya Arunanondchai 理事長）

（1）施肥による収穫量の増大の可能性に関して

本プロジェクトは trash とライスハスクを燃料として発電を行う事業であるが、近年ライスハスクの価格が高騰しており、非常にコストがかかってしまう。一方、サトウキビ畑での施肥量はあまり多いとは言えず、施肥量を増やすことによってサトウキビや trash の生産量を増大できる可能性が存在する。

上記の施肥による収穫量の増大に関する質問に対して、Araya Arunanondchai 理事長は「サトウキビの収穫が増えることによってサトウキビ中の糖分にどのような影響があるか少し心配だが、サトウキビ及び trash の収穫量が増えることは望ましい。」という回答であった。

（2）ハーベスタによる trash の収穫に関して

ハーベスタを新たに購入・使用することにより、サトウキビ収穫者の雇用が減少することについては、「サトウキビ収穫作業は労働条件が厳しく、現在も外国からの労働者を雇って収穫しているぐらいであり、特に問題にならない。」とのことであった。

一方、trash はハーベスタで Cane と分別して収集し、袋詰めにして新発電所敷地で保管する計画であるが、「trash を保管する袋は、火事にならないようなものにする必要がある。」という意見であった。

3.6.2 サトウキビ栽培者（比較的大規模な農家）

ヒアリング対象農家は、ハーベスタを使用しておらず人力収穫のみを行っているが、その理由としてよい労働者が存在することを筆頭にあげていた。しかし、労働力の確保も毎年容易とは限らず、昨年は確保が非常に困難であったとのことである。

第４章　むすび

本プロジェクトの意義は、trash の燃焼灰をサトウキビ畑に還元し、肥料としての有効利用をすることによってサトウキビ栽培の持続的発展可能な状況の中で、燃料を確保しバイオマス発電を実現することができるという新たな試みにある。同時に経済成長を遂げつつあるタイでも今後予想される人件費の上昇の中で、いかに収穫経費を抑えるかという問題に対して導入されるであろう機械化を進める一助ともなることである。

また、新設発電所による排煙、排水、騒音、振動等に関する環境影響については十分な対策を講じることにより、周辺環境への影響を抑えた設備とするが、Rajburi 製糖工場周辺には住宅地等が存在しないことから大きな問題は生じないものと考えられる。

資　料　編

目 次 （ 資 料 編 ）

添付- 1　Rajburi Sugar Co., Ltd.の財務状況 ……1
添付- 2　Rajburi Sugar Co., Ltd.の HP……7
添付- 3　Effects of Planting Seasons on Growth, Yield and Yield Components of 5 Sugarcane Varieties ……12
添付- 4　Yield Stability of Major Sugarcane Cultivars in Thailand ……16
添付- 5　The Needs on Sugarcane Cultivation Techniques of Farmers in Amphoe Chumpae, Changwat Khon Kaen ……17
添付- 6　Crop Coefficients and Water-use Estimates for Sugarcane Based on Long-term Bowen Ratio Energy Balance Measurements ……18
添付- 7　Production of Sugarcane ……21
添付- 8　Crop Residue Management to Conserve Soil Organic Matter Content in Sugarcane-based Crop Rotations ……28
添付- 9　Technology Application for Sugar-cane Production of Farmers in Changwat Sing Buri ……29
添付-10　Soil Organic Matter Content and Quality: Effects of Fertilizer Applications, Burning and Trash Retention on a Long-term Sugarcane Experiment in South Africa ……30
添付-11　Soil Organic Matter and NPK Status as Influenced by Integrated Use of Green Manure, Crop Residues, Cane Trash and Urea N in Sugarcane-based Crop Sequences ……34
添付-12　有機物利用による地力維持増強　第一報　各種有機物資材の組成と土壌中のおける分解 ……35
添付-13　A comparison on potential of Sugarcane Growing Soils in Eastern Thailand ……44
添付-14　Properties and Management of Soils in the Tropics ……45
添付-15　Sugarcane Stalks as a Roughage for Dairy Cattle ……47
添付-16　Analysis of Hawaii Biomass Energy Resources for Distributed Energy Applications ……52
添付-17　タイの祝祭日 ……66
添付-18　メーカー設計書 ……67
添付-19　系統連系図 ……92
添付-20　メーカー見積書 ……93
添付-21　Regulations for the Purchase of Power from Small Power Producers ……94
添付-22　Fuel Characteristics ……98
添付-23　EGAT 電源構成 ……100

RAJBURI SUGAR CO., LTD.
D-U-N-S : 66-036-1353

D&B D-U-N-S : 66-036-1353
COMPANY NAME : RAJBURI SUGAR CO., LTD.

ADDRESS : 302 Silom Road
2nd Floor, Room 2B, S & A Bldg.,
Suriyawongse, Bangrak,
Bangkok 10500
Thailand

TELEPHONE : (66) (2) (2379999)
FAX : (66) (2) (2354444)

WEB PAGE : www.rajburisugar.com
EMAIL : contact@rajburisugar.com

D&B RATING : 4A1 CONDITION : Strong
PREVIOUS RATING : 3A2
CRI : 1 RECOMMEND CREDIT RANGE : THB 8,000,000 TO 12,000,000

REGISTRATION : 4412/2528
START YEAR : 1985
CONTROL YEAR : 1985
HISTORY : Clear
EMPLOYEES (Total) : 220 Estimated
EXPORTS : Yes
INCOME : THB 923,266,133
NET WORTH (Tangible) : THB 338,674,757
AUTHORIZED CAPITAL : THB 200,000,000
ISSUED CAPITAL : THB 100,000,000
PAID-UP CAPITAL : THB 100,000,000

CHIEF EXECUTIVE : Soonthorn Arunanondchai
Chairman

SIC : 2099-0600

LOB : Manufactures Of Raw Sugar, White Sugar

D&B's Rating consists of 2 parts, the Financial Strength and the Composite Appraisal/Condition. Financial Strength is an indication of the tangible net worth (that is, the shareholder's funds less any intangible assets) The Composite Appraisal/Condition is linked to the level of risk and is an overall evaluation of credit worthiness. It takes into account the financial condition and several factors such as trade reference history, legal structure, management experience and any adverse listings.

RAJBURI SUGAR CO., LTD.
D-U-N-S : 66-036-1353

RISK ASSESSMENT OF RAJBURI SUGAR CO., LTD.

Credit Risk Index Level >>>>>> CRI 1

Credit Risk Index Level (Representing the level of credit risk)

RATING KEY	CREDIT RISK ASSESSMENT		PROPOSED CREDIT LIMIT (in concerned business field)
CRI 1	Minimal	Credit can proceed with favorable terms	Large amount
CRI 2	Low	Credit can proceed promptly	Fairly large amount
CRI 3	Average	Credit can proceed normally	Moderate amount
CRI 4	Above average	Credit should proceed with monitor	Small amount – periodical review
CRI 5	Fairly High	Credit should be extended under guarantee	C.O.D. To small amount
CRI 6	High	Credit is not recommended	C.O.D.
NR	Assessment not conducted	Insufficient data available	No recommendation

CRI serves only as a guide to assess the credit risk subject

Key Areas	Score	Weight	Weighted Score
A. Net Profit Growth	1	12.5	0.13
B. Net Worth Growth	1	10.0	0.10
C. Working Capital Growth	--	7.5	0.00
D. Sales Growth	3	5.0	0.15
E. Current Ratio	6	10.0	0.60
F. Debt Equity Ratio	4	5.0	0.20
G. Net Worth	2	5.0	0.10
H. Overdraft	1	5.0	0.05
I. Incidence of Slow Payments	2	15.0	0.30
J. Legal Structure	2	7.5	0.15
K. Public Record	1	10.0	0.10
L. Length of Operation	2	2.5	0.05
M. Principal's Antecedents	2	5.0	0.10
		92.50	2.03
Total Weight (excluding - - Score)			
Total Weight Adjustment (Adjust to 100% Weight)			2.19

Plus/Minus Significant Item –
Poor liquidity indicated by deficit working capital
Subject's retained earnings exceed 50% of net worth
Net worth has increased (>10%)
CEO or 1active director has had as at 10 years experience in this industry
At least 1 Director also on board of 1 or more public companies
Directors were original proprietors/partners of the business
Length of operation exceeds 15 years
Principals could not be contacted, but info. provided by other exec.

	-1.80
AVERAGE CREDIT RISK SCORE	0.39

RAJBURI SUGAR CO., LTD.
D-U-N-S : 66-036-1353

CURRENT INVESTIGATION

On 10 September 2003, Miss Nongnuch Sashamula, Head of Finance, confirmed all information in this report.

FINANCE

Comparative Figures

Date	30/11/2000	30/11/2001	30/11/2002
	Fiscal	Fiscal	Fiscal
Current:			
Assets	228,335,570	255,242,533	283,697,526
Liabilities	268,320,711	351,080,056	347,112,790
Working Capital	-39,985,141	-95,837,523	-63,415,264
Other :			
Tangible Assets	458,144,901	567,362,926	685,012,071
Liabilities	287,234,650	287,774,850	282,922,050
Net Worth	130,925,110	183,750,553	338,674,757
Annual Sales	760,923,997	902,765,257	923,266,133
Profit After Tax	41,752,844	52,825,443	154,924,204
Inventory	43,723,886	38,140,753	33,301,512
Cash & Bank	3,126,490	383,118	1,511,729
A/Cs Receivable	178,439,750	0	1,610,150
Fixed Assets	87,721,824	279,197,655	297,437,800
A/Cs Payable	8,175,970	13,411,926	13,793,186

RAJBURI SUGAR CO., LTD.
D-U-N-S : 66-036-1353

Fiscal Balance Sheet as of 30/11/2002 (in Thai Baht)

Cash & Bank	1,511,729	Accounts Payable	13,793,186
Inventory	33,301,512	Notes Payable	147,723,800
Deposit Short Term	20,349,078	Bank Overdraft	13,196,491
Accounts Receivable	1,610,150	Other Payables / Accruals	68,589,506
Other Receivables/ Accruals	223,543,778	Provisions	75,882,848
Prepayments	1,246,538	Other Current Liabilities	27,926,959
Other Current Assets	2,134,741		
TOTAL CURRENT ASSETS	283,697,526	TOTAL CURRENT LIAB	347,112,790
		Creditors and Borrowings	282,922,050
Property, Plant & Equipment	297,437,800	TOTAL NON-CURRENT LIAB	282,922,050
TOTAL FIXED ASSETS	297,437,800		
		Capital	100,000,000
		Retained Earnings (loss)	238,674,757
Other Investments	11,961,667		
		TOTAL EQUITY	338,674,757
TOTAL INVESTMENTS	21,065,271		
Other Assets	366,509,000		
TOTAL OTHER ASSETS	366,509,000		
TOTAL ASSETS	968,709,597	TOTAL LIAB & EQUITY	968,709,597

RAJBURI SUGAR CO., LTD.
D-U-N-S : 66-036-1353

Profit & Loss Account

Figures in Thai Baht

Date	30/11/2000	30/11/2001	30/11/2002
No. of Months	(12)	(12)	(12)
	Fiscal	Fiscal	Fiscal
Income	760,923,997	902,765,257	923,266,133
Less: Cost of Sales	-554,266,092	-743,771,171	-614,812,634
Gross Profit	206,657,905	158,994,086	308,453,499
Operating Expenses	-158,007,253	-83,185,551	-85,510,185
Net Operating Profit (Loss) before Taxation	48,650,652	75,808,535	222,943,314
Other Income	20,145,448	11,435,082	6,328,703
Less: Other Expenses	-26,567,767	-34,827,934	-45,651,564
Net Profit(Loss) before Tax	42,228,333	52,415,683	183,620,453
Plus (Minus) Extraordinary Items	-475,489	409,760	25,819,865
Net Profit before Tax and after Extraordinary Items	41,752,844	52,825,443	209,440,318
Income Tax002	0	0	-54,516,114
Net Profit(Loss) after Tax	41,752,844	52,825,443	154,924,204
Net Profit After Tax and Extraordinary Items	41,752,844	52,825,443	154,924,204
Plus (Minus) Retained Earnings (Loss) b/f	-10,827,734	30,925,110	83,750,553
Retained Earnings (Loss) c/f	30,925,110	83,750,553	238,674,757

Accounts are audited by Poonsak Chotijirawat, CPA.4423.

RAJBURI SUGAR CO., LTD.
D-U-N-S : 66-036-1353

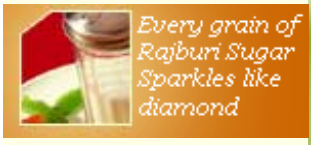
	2000	2001	2002
GROWTH TREND			
Sales Growth (%)	-	18.64	2.27
Net Profit Growth (%)	-	26.52	193.28
SOLVENCY			
Current Ratio	0.85	0.73	0.82
Quick Ratio	0.69	0.62	0.72
Total Liabilities to Net Worth Ratio (%)	424.33	347.68	186.03
Debt Ratio (%)	80.93	77.66	65.04
Equity Ratio (%)	19.07	22.34	34.96
Debt to Asset (%)	80.93	77.66	65.04
Debt to Equity (%)	424.33	347.68	186.03
Interest Coverage Ratio (Times)	2.59	5.47	48.65
EFFICIENCY			
Account Receivable Ratio (Times)	4.26	-	573.40
Collection Period (Days)	85.59	-	0.64
Inventory Turnover in Days	28.79	18.72	19.77
Inventory Turnover (Times)	12.68	19.50	18.46
Account Payable Ratio (Times)	93.07	67.31	66.94
Sales to Inventory (Times)	17.40	23.67	27.72
Total Assets Turnovers (Times)	1.11	1.10	0.95
PROFITABILITY			
Return on Sales (%)	5.49	5.85	16.78
Return on Equity (%)	31.89	28.75	45.74
Return on Asset (%)	6.08	6.42	15.99

添付資料－２

Rajburi Sugar Co.,Ltd.

The Best Friend of Consumers, Traders and Sugarcane Farmers

Company Profile
Message from our CEO
Awards, Recognitions & Milestones
Philosophy, Mission & Vision
Member Organizations
Directors & Executives
Bee Brand Sugar Products
Crystal White Sugar
Refined Sugar
Molasses
Company Policies
Product Quality Policies
Environmental Policies
Ethical Policies
Factory Facts
Electricity
Sugar Canes Department
Quality Canes
Irrigation
Agricultural Machineries
- - - - - News - - - - -
Contact us
Address / Map
Sales / Purchase Enquiries
General Enquiries



:: Home > Sugar Canes Department > Agricultural Machineries

Agricultural Machineries

Agricultural Machineries

While encouraging the use of agricultural machineries to cane farmers, Rajburi Sugar realizes that purchasing such machineries is not always possible for farmers. Along with the company's vision of increased efficiency and conservation of the environment, RSC has a number of tractors and plough machines to serve our farmers. Logs and lands are cleared without the need to set them on fire, and cane ratoons are ploughed back into the soil, helping to increase the mineral contents in the soil, while the risk of fire is greatly reduced.

RSC also has a number of cane harvesters and cane pickers to service our farmers for greater efficiency and cost-saving purposes. The need to burn canes is reduced and we will continue to improve our agricultural machines and their numbers to address our cane farmers and the industry's demands.

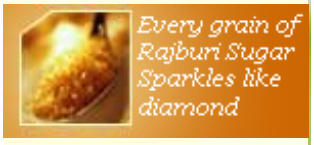
:: Copyright ©2003 Rajburi Sugar Co.,Ltd. All rights reserved. :: http://www.rajburisugar.com ::

designed by AsiaWebCreation.com

Rajburi Sugar Co.,Ltd.

The Best Friend of Consumers, Traders and Sugarcane Farmers

Company Profile
Message from our CEO
Awards, Recognitions & Milestones
Philosophy, Mission & Vision
Member Organizations
Directors & Executives
Bee Brand Sugar Products
Crystal White Sugar
Refined Sugar
Molasses
Company Policies
Product Quality Policies
Environmental Policies
Ethical Policies
Factory Facts
Electricity
Sugar Canes Department
Quality Canes
Irrigation
Agricultural Machineries
- - - - - News - - - - -
Contact us
Address / Map
Sales / Purchase Enquiries
General Enquiries



:: Home > Sugar Canes Department > Irrigation

Irrigation

Irrigation

With the help of the Department of Natural Resources, RSC helped our cane farmers to reliable sources of water through digging and establishing new artesian wells. Co-operations with the Department of Irrigation helped us clean and improve the natural canals for greater efficiency as well as promoting private pools for agricultural uses.

During the year 2000, together with our cane farmers project at Auphur Suan Peung and the Department of Irrigation, Rajburi Sugar started a new irrigation named "Norng Punchan Project" to build a new local irrigation system and developed an efficient water management system for canes-growing usage.

This co-operative effort, covering over 630 acres and 147 cane farmers, was approved by the Department of Irrigation and received a funding totaled 96 million Baht from the Asian Development Bank (ADB). This project, scheduled to be complete in 2003, is a pilot project in using pipes network for irrigation for sugar canes in Thailand.

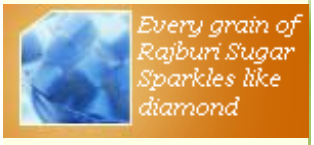
:: Copyright ©2003 Rajburi Sugar Co.,Ltd. All rights reserved. :: http://www.rajburisugar.com ::

designed by AsiaWebCreation.com

Rajburi Sugar Co.,Ltd.

The Best Friend of Consumers, Traders and Sugarcane Farmers

Company Profile
Message from our CEO
Awards, Recognitions & Milestones
Philosophy, Mission & Vision
Member Organizations
Directors & Executives
Bee Brand Sugar Products
Crystal White Sugar
Refined Sugar
Molasses
Company Policies
Product Quality Policies
Environmental Policies
Ethical Policies
Factory Facts
Electricity
Sugar Canes Department
Quality Canes
Irrigation
Agricultural Machineries
- - - - - News - - - - -
Contact us
Address / Map
Sales / Purchase Enquiries
General Enquiries



:: Home > Sugar Canes Department > Quality Canes

Quality Canes Education Project

Rajburi Sugar (RSC) realizes that in order to provide best quality products, we need to have reliable supply of high quality raw materials. This became one of our main policies as the company embarks on our unique educational program to promote higher sugar canes yields and higher CCS.

Together with Supanburi Agricultural Research Center, Zone 1 Cane and Sugar Industrial Promotion Center and Kasetsart University, Kampangsant Campus, RSC started a program to educate all of our cane farmers under the "Financially Secured Cane Farmers Project." Focus areas include systematic farming and harvesting planning, increasing the use of technology and machinery to replace labor, and the use of green manure and/or organic fertilizers instead of chemical fertilizers for better soil and environment. Started in 1997, this project was to take 5 years and cover all of our cane farmers.

Timeline	Description
:: 2000	The 5th to 8th groups of cane farmers, totaled 178 cane farmers, joined the program.
:: 1999	The 3rd and 4th groups of cane farmers, totaled 72 cane farmers, joined the program.
:: 1998	The 2nd group of cane farmers, totaled 35 cane farmers, joined the program.
:: 1997	The 1st group of cane farmers, totaled 29 cane farmers, joined the program.

Currently we are in the process of implementing the next stage of our education program. This project, named "Cane Farmers as Businessmen Project", aims to educate our farmers the business skills necessary for good management practices and ensure long-term profitability in their farms. Focus areas include management planning, budget planning and basic accounting practices.

:: Copyright ©2003 Rajburi Sugar Co.,Ltd. All rights reserved. :: http://www.rajburisugar.com ::

designed by AsiaWebCreation.com

Rajburi Sugar Co.,Ltd.

The Best Friend of Consumers, Traders and Sugarcane Farmers

Company Profile
Message from our CEO
Awards, Recognitions & Milestones
Philosophy, Mission & Vision
Member Organizations
Directors & Executives

Bee Brand Sugar Products
Crystal White Sugar
Refined Sugar

Molasses

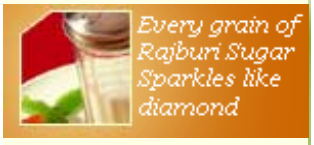
Company Policies
Product Quality Policies
Environmental Policies
Ethical Policies

Factory Facts
Electricity

Sugar Canes Department
Quality Canes
Irrigation
Agricultural Machineries

- - - - - News - - - - -

Contact us
Address / Map
Sales / Purchase Enquiries
General Enquiries



:: Home > Company Profiles > Awards, Recognitions & Milestones

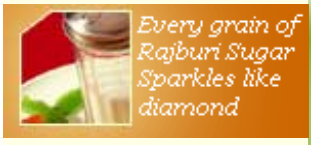
Awards, Recognitions & Milestones

Date		Description
:: 2nd May 2003		Received the First Prize for the highest sugar yield per ton of sugar canes in Central Thailand from the Industry Minister, Mr. Somsak Thepsuthin. Received the First Runner-Up Prize for the least amount of burned sugar canes harvested in the nation from the Industry Minister, Mr. Somsak Thepsuthin.
:: 14th November 2002 16th November 2002		On 14th November 2002, RSC was awarded the First Prize for Highest Sugar Canes Yield in Zone 7 for the 2001/2002 milling season from the Industry Minister, Mr Somsak Thepsuthin. 2 days later, our achievement was recognized by the Prime Minister who presented us with another trophy for our Sugar Canes Yield achievement.
:: 3rd May 2002		RSC received HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point System) certificate for food production from Management System Certification Institute (Thailand).
:: 23rd March 2002		Received the quality management award "ISO 9001:2000" from Lloyd's Register Quality Assurance Limited.
:: 18th April 2001		Received the HALAL certificate from the Central Islamic Committee of Thailand.
:: 7th April 2001		RSC became one of the first 5 mills in Thailand to receive the environmental certificate "ISO 14001:1996" from Lloyd's Register Quality Assurance Limited.
:: 23rd October 2000		Received the "New Millennium Award" for foods and beverages in Paris during the 22nd annual award ceremony.
:: 11th April 2000		RSC was approved the use of industry standards symbol "TIS 56-2533" (Thailand Industrial Standard) from the Office of Industrial Standards, Ministry of Industries.
:: 21st July 1999		RSC was among the first group of companies in Thailand to be approved the use of "Thailand's Brand" symbol to certify the quality of our products from the Department of Export Promotion, Ministry of Commerce.
:: 13th March 1999		Became one of the first 10 sugar mills in Thailand to receive ISO 9002:1994 certified for management quality from Lloyd's Register Quality Assurance Limited.
:: 23rd June 1998		Received the "Health Certificate" certifying our production processes and quality control from Department of Health Science, Ministry of Public Health.
:: 14th December 1993		Registered the "Bee" trademark of the company's sugar products under the Department of Intellectual Property Rights, Ministry of Commerce.
:: 17th November 1990		Received the First Runner-Up Prize for the highest sugar yield per ton of sugar canes from the Minister of Agriculture, Mr. Chuan Leekpai and the local cane farmers association.

Rajburi Sugar Co.,Ltd.

The Best Friend of Consumers, Traders and Sugarcane Farmers

Company Profile
Message from our CEO
Awards, Recognitions & Milestones
Philosophy, Mission & Vision
Member Organizations
Directors & Executives
Bee Brand Sugar Products
Crystal White Sugar
Refined Sugar
Molasses
Company Policies
Product Quality Policies
Environmental Policies
Ethical Policies
Factory Facts
Electricity
Sugar Canes Department
Quality Canes
Irrigation
Agricultural Machineries
- - - - - News - - - - -
Contact us
Address / Map
Sales / Purchase Enquiries
General Enquiries



:: Home > Factory Facts > Electricity

Electricity

Electricity

As a result of the rapid growth in the industrial sector during the last decade, the country could potentially face a critical power shortage. In response, the Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT), along with the National Energy Advisory Board, approve the purchase of electricity from small producers.

Rajburi Sugar is proud to be one of EGAT's suppliers from 1994 to this day.

:: Copyright ©2003 Rajburi Sugar Co.,Ltd. All rights reserved. :: http://www.rajburisugar.com ::

designed by AsiaWebCreation.com

ABSTRACT

Title : Effects of Planting Seasons on Growth, Yield and Yield Components of 5 Sugarcane Varieties

By : Surapong Sripongpankul

Degree : Master of Science (Agriculture)

Major Field : Agronomy

Chairman, Thesis Advisor : Kasem Sooksathan

(Kasem Sooksathan)

March 1989

Five sugarcane varieties, viz., F 140, Q 83, Supan 1, Chainat 1 and F 172 were grown on farmer's field under loamy-sand soil, rainfed conditions at Tumbol Donsalab, Amphoe Phanomthuan, Chung Wat Kanjanaburi to study the effect of planting seasons on growth, yield and yield components. Two experiments were conducted between May 1984 and February 1986 in the neighboring areas. Monsoon experiment was done on May 25, 1984. Samples were taken to determine yield, yield components and juice quality when the crop was 8, 9 and 10 months old. The final harvest was made on April 2, 1985. Post-monsoon planting was done on January 25, 1985 to determine yield, yield components and Brix reading of the juice when the crop was at 10, 11, 12 and 12.5 months of age. The final harvest was taken on February 15, 1986. In addition to yield and yield components, growth

parameters were also recorded. These included germination percentage, cumulative cane height, number of tillers per stool and the rate of average daily stalk elongation every month from second month after planting until harvest. These data were interpreted with meteorological data obtained from U-Thong Agricultural Meteorological Station, the nearest station to the experimental fields. It was found that cane growth, yield and yield components of each variety were influenced by planting seasons. The monsoon planting canes germinated rapidly. This resulted in high percentage of germination, early establishment and rapid growth rate from emergence. The maximum tillering was observed when the crop was 3-4 months (August-September) of age. When the rate of growth was taken into consideration, it was found that the highest daily growth rate of 1.88 centimeter per day was obtained at 4-5 months of age after that it decreased gradually. Within the same stool, the younger stalks had greater growth rate than that of the older ones. Cane tonnage was significantly differed among varieties under study when harvested at 10 months old. F 172 variety gave the highest yield of 12.26 tons per rai. Yields of the other varieties were in the order of Chainat 1 > Supan 1 > F 140 > Q 83 , and the actual cane yields were 12.13 > 11.35 > 10.11 > 8.22 tons per rai respectively. But the cane yield of F 172, Chainat 1 and Supan 1 were not significantly different. yields of F 172, Chainat 1 and Supan 1 were not significantly different. Stool, stalk length and stalk diameter. But other parameters such as stalk weight, number of internodes per stalk, and cane quality

were significantly differed among varieties under study.

For the post monsoon planting season, it was observed that the rate of shoot emergence was considerably slow. This resulted in low percentage of germination, slow growth at the beginning, after that the growth was accellerated by the amount of rainfall. The maximum tillering was appeared in 8-9 months (August-September) after planting. When the rate of growth in terms of stalk height was considered, two peaks of growth were recorded. These peaks were observed at 5-6 (June-July) and 8-9 (September-October) months of age at the rate of 1.02 and 1.59 centimeter per day respectively. The depression of growth after the first peak was mainly due to moisture stress. The effect was more pronounced with the older canes rather than the younger ones. However, the yield of cane (tons per rai) as well as sugar (tons CCS per rai) were significantly higher when harvested at 12 and 12.5 months of age. At the final harvest, 12.5 months after planting, the yield of cane were in the order of F 172 > Supan 1 > F 140 > Chainat 1 > Q 83 ; 11.96 > 11.62 > 10.91 > 10.14 > 8.49 tons per rai. There were not significant differences in cane yield of 172, Supan 1 and similarly no significant differences between F 140 and Chainat 1. The sugar yield of these varieties were in the order of F 172 > Supan 1 > F 140 > Chainat 1 > Q 83 ; 1.776 > 1.561 > 1.429 > 1.326 > 1.165 tons CCS per rai. F 172 was significantly higher than that of other varieties except Supan 1. These growth parameters such as number of stalks per

rai, stalk length and weight of green top of the varieties under study were not affected by the post monsoon planting season. But the number of stools per rai, number of stalks per stool, number of internodes per stalk, stalk diameter, cane and sugar yields per rai differed significantly among varieties.

Prasert Chatwachirawong 1993 : Yield Stability of Major Sugarcane Cultivars in Thailand. Master of Science (Agriculture), Major Field Agronomy, Department of Agronomy. Thesis Advisor : Mr. Udom Poolkets. 100 pages.

Twelve data sets were compiled from yield trials of three major recommended sugarcane cultivars conducted from 1975 to 1990 under various environments by Office of the Cane and Sugar Board, Ministry of Industry, and the Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives. The data were analyzed using linear regression approach recommended by Eberhart and Russell (1963) and additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) model proposed by Gauch (1988). Results from the combined analysis of variance showed that varietal effect became increasingly more important from plant cane, first ratoon cane, and second ratoon cane, respectively. On the contrary, environmental effect decreased progressively in the later ratoons. Thus, improvement by selection of these characters should be done in the later ratoon crops.

Linear regression analysis of cane and sugar yield characters indicated that F140 was the stable cultivar which high yield when grown under poor environments. The other high yielding cultivars, U-thong 1 and Chainat 1, should be recommended in high productivity environments. For CCS value, U-thong 1 was a stable cultivar whereas F140 gave a high value.

Both stabiiity methods gave the same stable cultivar for CCS value and sugar yield. The AMMI model can partition the major effects of principal component axis from Var x Env interaction with the expense of minimal degrees of freedom. A biplot technique can clearly show the response patterns of the cultivars in each environment.

Student's Signature　　Thesis Advisor's Signature　　26 / 3 / 1993

Somjit Srichan 1997 : The Needs on Sugarcane Cultivation Techniques of Farmers in Amphoe Chumpae, Changwat Khon Kaen. Master of Science (Agriculture), Major Field Agricultural Extension, Department of Agricultural Extension and Communication. Thesis Advisor : Associate Professor Kesinee Payanun, Ph.D. 145 pages.

The objectives of this research were to determine some socio-economic background of farmers, their level and need of sugarcane cultivation techniques included problems and recommendation.The investigation was made by using a set of pretested interview schedule to obtain the data from sampling opinions of 142 households in 8 selected Tambons, and statistically analyzised for percentage, arithmetic means and t-test at significant level of .05.

The survey results revealed that there were more male than female farmers. The average age of the respondents was 47.35 year with the family size of 5.03 persons and level of education being at grade 4. Most of the respondents were small farmers, with the moderately level in sugarcane cultivation techniques. The study indicated that most respondents expressed high, moderate and low degree of cultivation techniques need in 10,11 and 1 topic, respectively. Among the first priority needs were sugarcane varieties, credit from commercial bank, soil improvement. Therefore, the respondents' level of access to information of the respondents were in low degree both from personal and mass media channel. The major problems were high cost of chemical fertilizer, rat infestations, shortage of technological knowledge about insect pests and disease, and labours. Regarding the hypothesis test, there was no difference in the sugarcane cultivation techniques need among those farmers who were different in age, level of education, family capita incomes, debts, size of cultivation land, farming experience and access to information.

Alternative solution suggested by the respondents were more available to dissemination technical know-how; appropriate technology to farmers with more efficiency, famers management characteristics, system which yielded highest return, personal virietal multiplication plot. On the other hand, planning should be set and make it acquainted to farmers included the follow up farm-visit program.

S. Srichan — Student's signature

K Payanun — Thesis Advisor's signature

16, May, 97

SCIENCE DIRECT Register or Login: user name Password:
Home Search Journals Abstract Databases Reference Works My Profile Alerts
Quick Search: within All Full-text Sources Search tips 日本語サポート
2 of 68 results list previous next

Field Crops Research
Volume 83, Issue 2 , 20 August 2003, Pages 125-138

doi:10.1016/S0378-4290(03)00069-8
Copyright © 2003 Elsevier Science B.V. All rights reserved.

This Document
▸ Abstract

Actions
· Cited By
· Save as Citation Alert
· E-mail Article
· Export Citation

Crop coefficients and water-use estimates for sugarcane based on long-term Bowen ratio energy balance measurements

N. G. Inman-Bamber[a] and M. G. McGlinchey[b, 1]

[a] CSIRO Division of Sustainable Ecosystems, Davies Laboratory, PMB PO, Aitkenvale 4817, Qld, Australia
[b] Swaziland Sugar Association Technical Services, PO Box 367, Simunye, Swaziland

Received 16 September 2002; revised 4 February 2003; accepted 26 March 2003. ; Available online 4 June 2003.

Abstract

Sugar industries in Australia and Swaziland rely on irrigation to a large extent (60 and 100%, respectively) to produce a viable crop. Some large irrigation schemes are vulnerable to degradation of ground water quality and it is important to have reliable estimates of water use in order to better calculate runoff and drainage losses from sugarcane fields. It is also important to improve estimates of crop water use in order to improve irrigation design parameters and scheduling. Matching water supply and demand on a daily or weekly basis is essential for productivity and sustainability in any irrigation scheme. The United Nations Food and Agriculture Organisation has recently produced clear guidelines ('FAO 56') on determination of water requirements for a number of crops including sugarcane. Two process-level models, APSIM and CANEGRO are being used to support various decisions regarding the use of irrigation in sugarcane. The aims of this research were to confirm or otherwise refine FAO 56 crop coefficients for sugarcane, to refine simulation of water use in the APSIM-Sugarcane model and to assess the reference evapotranspiration (ET) procedure from the CANEGRO model now used in Swaziland for irrigation scheduling and system design. Bowen ratio energy balance (BREB) systems were installed in the Burdekin district, Australia and in Swaziland to determine daily ET from well-irrigated sugarcane crops. Automatic weather stations were installed within 1 km of the BREB systems in order to determine ET_0 according to FAO 56. Radiation

interception and biomass accumulation were measured in the Australian experiment. The results from the two countries provided a sound basis for confirmation of the current FAO 56 crop coefficients for sugarcane during 'initial' (0.4) and 'mid' (1.25) growth phases. The FAO 56 crop coefficient for the 'final' stage (0.7) was not supported. Instead a value of 1.25 is suggested for working out the water balance. However, 0.7 may be desirable for irrigation scheduling in order to impose some stress on the crop and so enhance sucrose content. Transpiration use efficiency for APSIM-Sugarcane was increased from 8.0 to 8.7 g kPa kg^{-1} on the basis of the Australian results. The reference ET procedure was supported equally by the new BREB measurements in Swaziland and by the original lysimeter data but the new data indicated that systematic improvements to the reference procedure could be made.

Author Keywords: Sugarcane; Evapotranspiration; Crop coefficients; Bowen ratio energy balance; APSIM; CANEGRO; Irrigation management

a
: resolution of vapour pressure measurements (kPa)

b
: resolution of temperature measurements (° C)

C_p
: specific heat of air at constant pressure (J kg^{-1} K^{-1})

d_r
: zero plane displacement of reference surface (m)

e
: vapour pressure (kPa)

e_z
: vapour pressure at height z (kPa)

E
: evaporation from the soil surface (mm per day)

ET_{cane}
: sugarcane reference evapotranspiration

ET_C
: crop evapotranspiration (mm per day)

ET_0
: reference evapotranspiration (mm per day)

G
: soil heat flux density (W m^{-2}) or (MJ m^{-2} per day)

H
: total sensible heat flux density (W m^{-2})

k
: von Karmans' constant=0.41

K_C
: crop coefficient

K_{Cend}
: crop coefficient at harvest

K_{Cini}
: crop coefficient at start of crop growth

K_{Cmid}
: crop coefficient during mid-growth period

Le

latent heat flux

r_a
aerodynamic resistance (s m^{-1})

r_s
canopy surface resistance (s m^{-1})

R_n
net radiation at the crop surface (MJ m^{-2} per day and W m^{-2})

t
transpiration (kg m^{-2} per day or mm)

T_z
temperature at height z (° C)

u_z
wind speed at height z (m s^{-1})

VPD
vapour pressure deficit (kPa)

w
aboveground biomass (g m^{-2})

z
height above the ground (m)

z_{0r}
roughness length of reference surface (m)

β
Bowen ratio

γ
psychrometric constant (kPa ° C^{-1})

Δ
slope of the vapour pressure curve (kPa ° C^{-1})

ε
ratio of molecular weights of water vapour and air

λ
latent heat of vaporisation of water (J kg^{-1})

ρ
air pressure (kPa)

Corresponding author. Tel.: +61-7-47-538587; fax: +61-7-47-53800.

[1] Tel.: +268-383-8998; fax: +268-383-8731.

Field Crops Research
Volume 83, Issue 2 , 20 August 2003, Pages 125-138

This Document
▸ **Abstract**

Actions
· Cited By
· Save as Citation Alert
·

Advanced Series in Agricultural Sciences 21

G. Hunsigi

Production of Sugarcane

Theory and Practice

Springer-Verlag

Even in dry matter production, sugarcane excels over many crop plants and ranges from 20 $g\,m^{-2}\,day^{-1}$ in South Africa to 44 $g\,m^{-2}\,day^{-1}$ in Hawaii. In tropical India dry weights were 50 $g\,m^{-2}\,day^{-1}$ or 182.5 $Mg\,ha^{-1}\,yr^{-1}$. Bull and Glasziou (1975) predicted a maximum cane yield of 280 $Mg\,ha^{-1}\,yr^{-1}$ with maximum quantum efficiency. Moore (1989) suggested a theoretical maximum cane yield of 129 $g\,m^{-2}\,day^{-1}$ or 470 $Mg\,ha^{-1}\,yr^{-1}$. Many farmers in the tropics have achieved a yield of 250 $Mg\,ha^{-1}\,yr^{-1}$.

1.5 Crop Growth Regulants and Cane/Sugar Production

Halmann (1990) stressed that the major application of these regulants is in the sugar industry. The main groups of plant hormones are: auxins, gibberellins, cytokinins, abscisins and ethylene. Vlitos (1974) suggested that the relative levels of hormones in the immature stem are:

Auxins	– maximum
Gibberellins	– high
Cytokinins	– high
Abscisic acid (ABA)	– low.

Some experiments led this author to conclude that sett treatment with indole-3-acetic acid (IAA), indole-butyric acid (IBA), tri-iodo benzoic acid (TIBA) and Cycocoel invariably improved germination and plant density, and possibly also cane and sugar yield. But these are for special applications under frost and cooler climates. Alexander (1973) reasoned that kinetin and benzyl-adenine (BA) treatment of seed pieces augmented biomass, cane and sugar yield by increasing the chloroplast enzyme ribulose bisphosphate carboxylase (Rubisco). However, treatment with ethrel causes the loss of apical dominance as evidenced by the development of side shoots, tillers, strut roots, and lalas (water shoots). This is consistent with the finding that ethylene stimulates peroxide activity in plant tissues leading to the destruction of auxins. The activity of ABA is pronounced in older tissues and hastens senescence.

1.6 Crop Models

A model may be defined as a summary of a coherent body of experimental data in a logical structure, and can be a mere hypothesis or a concept. Models are used to predict crop yield, pest-disease incidence and, more recently, the effect of climatic changes on crop production. There are three types of models: empirical, mechanistic and comprehensive. Empirical models have limited applications, while mechanistic and comprehensive models

Table 5.1. Removal of nutrients from soil during sugarcane growth. (Zende 1990)

	N	P_2O_5	K	Ca	Mg	Na	SO_4
Nutrient removal ($kg\,t^{-1}$ cane)	0.56–1.2	0.38–0.82	1.0–2.5	0.25–0.60	0.20–0.35	0.02–0.2	2.0–2.7

Table 5.2. Effect of N on growth and yield of sugarcane (cv. CO957). (Abayomi 1987)

N level ($kg\,ha^{-1}$)	Leaf area (cm^2)	Tiller number 8 weeks after planting	Stalk length (cm)	Stalk diameter (cm)	Millable cane ha^{-1} (10^3)	Leaf water status (%)	Cane yield ($Mg\,ha^{-1}$)
0	309.67	50.96	124.19	8.19	50.87	81.65	25.84
80	351.57	58.00	131.04	8.30	53.87	85.33	28.09
120	357.93	59.83	144.06	8.25	60.75	87.40	22.04
160	411.25	65.67	138.17	8.07	59.54	88.65	33.78
200	401.62	70.08	130.94	8.23	55.25	90.19	31.40

to yield attributes (Abayomi 1987) like stalk length, stem diameter and number of millable canes. Nitrogen increases succulence as evidenced by a higher leaf water status (Table 5.2).

Symptoms of N deficiency are clearly discernible. Humbert and Martin (1955) indicated that N-deficient canes show uniform yellowing of the leaves, retarded growth, stalks of smaller diameter, premature drying and senescence of old leaves.

Sugarcane absorbs both forms of N, i.e. NH_4 and NO_3, and C_4 plants like sugarcane are more efficient absorbers of available soil N than are C_3 plants (Jones 1985). Under conditions of an adequate water supply, NO_3 is absorbed more than NH_4, possibly due to the greater mobility of NO_3-N. The suggestion is mooted that a constant supply of 40 ppm NO_3-N in the soil (soil log) throughout the crop cycle ensures optimum yield and quality of cane.

5.1.1 Nitrogen Concentration and Uptake

The N concentration varies from 0.2 to 1.6% in the aerial portion of the plant. Clements (1980) observed the highest concentration of 1.77% in the meristem and this declines with age of the plant due to the production of internodes which have the lowest N concentration (0.11 – 0.17%)

Nitrogen uptake is governed by two factors: N demand by the plant, and the supply of available soil N. The availability of soil N is complicated by environmental conditions. genotype and the stage of development. Jones

A special feature of energy cane is the propensity for tillering, stool spread, biologically active crown leaves and extended proliferation of surface and subsurface feeder roots.

Alexander (1985) has stressed that the 'weed' characteristics of energy cane are desirable and are seen in the wild species of *Saccharum*, i.e. *S. spontaneum*, *S. robustum* and *S. sinense*, or in the hybrids with higher plasma content from wild species.

10.2.4 Agronomy of Energy Cane

Information on the agronomy of energy cane is sketchy, but for more details the reader is referred to Alexander (1985). The issue centres around a high plant density and N fertilization. Spacing studies undertaken by this author have shown that the row spacings can be 0.45 to 0.60 m with a millable cane population of over 30 m^{-2}. High density has to be achieved through an increased number of plants within a row. Hence, almost double the sett rate (45 000–60 000 three-eye-bud setts ha^{-1}) has been recommended for energy cane compared with conventional sugarcane cultivation. Further evidence of a higher biomass yield of cane (cv. CP65-357) grown in Florida has been presented by Gascho and Shih (1981). They obtained the highest yield of biomass, sucrose, total sugars and fibre at a closer spacing of 0.5 m and the values declined as inter-row spacing increased from 0.5 to 1.5 m (Table 10.8).

The authors stressed that the primary juice from stalks would, on fermentation, yield about 10 000 l ethanol ha^{-1}. A dry biomass yield of 52 Mg ha^{-1} represents a burning value of 9.2×10^5 MJ ha^{-1} yr^{-1} while nearly 25 Mg fibre ha^{-1} would yield additional energy of 4.4×10^5 MJ ha^{-1} yr^{-1}.

Among the nutrients, N is the most limiting factor for energy cane as the cane responds to higher rates of N addition. Application of N is two to three

Table 10.8. Effect of row spacing on sugarcane yield and composition at harvest. (Gascho and Shih 1981)

Parameter	Spacing (m)		
	0.5	1.0	1.5
Fresh stalk (Mg ha^{-1})	144	94	90
Sucrose (Mg ha^{-1})	21.0	13.4	13.1
Fresh trash (Mg ha^{-1})	28	18	16
Fresh biomass (Mg ha^{-1})	178	122	106
Dry biomass (Mg ha^{-1})	52	34	32
Total sugar (Mg ha^{-1})	26.4	16.2	15.2
Fibre (Mg ha^{-1})	23.6	15.2	14.5
Ethanol (l ha^{-1})[a]	9360	6110	5850

[a] Fresh stalk yield ×65

Data from Riveria Sand, Florida; mean of 3 seasons, i.e. 1977–1979.

tons. Assuming a 5% saving in bagasse for paper pulp, about 1.76 million tons of bagasse pulp is available for paper making (Table 10.1). Atchison (1986) has indicated that the world production of bagasse pulp is expected to reach a level of 2 million tons. In economic terms, it will continue to lead all other plant fibres and may represent 2–3% or more of the world pulp production (Atchison 1976).

10.1.1 Fibre Accumulation

Fibre accumulation starts from about 3 months and continues to increase with age. The millable cane (trash free) is made up of approximately 65.75% water and the remaining percentage is divided between fibre and soluble solids (Fig. 10.1). The quantities of these components are genetically controlled. The noble varieties of sugarcane are richer in water and sugar but relatively low in fibre. On the other hand, the interspecific hybrids are higher in both fibre and sugar. The fibre content of different parts of the cane stalk varies considerably. The bottom portion, called the 'butt', contains the most fibre and the nodal portion contains at least 2% more fibre than the internode (Narasimhan 1957).

Physiologically, sugarcane is tailored to produce high fibre. But the lower limit of fibre for maintenance of the plant structure is 5% while the highest possible sugar accumulation is 27% with a minimum of 70% moisture (Bull and Glasziou 1963). Nevertheless, the fibre content of cane is greatly controlled by the activity of the invertase enzyme. Alexander (1973) has suggested that the increased activity of acid invertase (AI) in *S. spontaneum* favours fibre production, while in *S. officinarum* increased activity of neutral

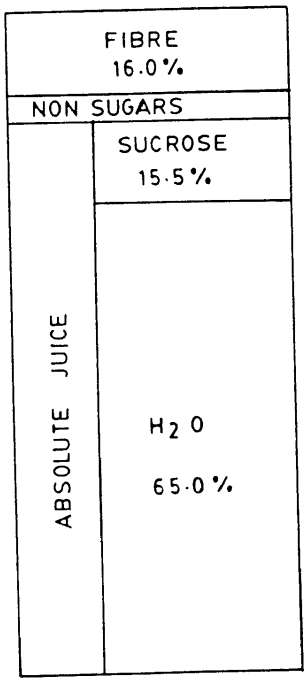


Fig. 10.1. The composition of well-ripened sugarcane

10.1.3 Tissue Moisture vs Fibre and Sugar

A highly significant correlation exists between moisture and fibre and moisture and sugar. Thus, a large growing body of evidence indicates that 'tissue moisture' is like 'excess baggage', which can be thrown out by the plant to improve both sugar and fibre yields. Clements (1980) believes that the sheath moisture, an index of tissue moisture, can be kept as low as 68–69%. The recent technique of ripening involves the continued build-up of dry matter (half of which is sucrose and the other half fibre), and the biological pathway should be chosen so as to increase sucrose and lignocellulose at the expense of tissue moisture but without killing the plant.

10.1.4 Some Factors Influencing Fibre in Cane

There is tacit evidence to show that fibre content increases with drought conditions. However, this is accompanied by an increased pith content and a consequent reduction in useful fibres. It has been observed that drought-resistant varieties have well-developed mechanical tissues surrounding the vascular bundles and the sclerenchyma cells forming these tissues are more lignified. A lodged cane has less fibre. It is reasonable to assume that the lodged cane is more succulent with a higher tissue moisture and, hence, reduced fibre and sugar contents. Among cultural practices, row spacing has a profound influence on biomass and fibre yields. A narrower spacing of 0.5 m tends to yield more biomass and fibre than a wider spacing of 1.0 or 1.5 m.

One interesting study by Buren (1976) suggested that spraying a cane ripener like Polaris improved both pol and fibre content by depressing tissue moisture (Table 10.2).

Among plant nutrients, N has a significant influence on fibre content and increasing levels reduce the fibre percentage in cane. It has been pointed out that tissue moisture and N in shoots are intimately related and a strong positive correlation is observed at the early stages of crop growth. Excessive N with adequate water and low radiation causes succulent cane stalks. Large, thin-walled cells can neither be filled with sugar nor develop into fibres. In essence, a balanced carbohydrate–N relation is essential to accumulate both sugar and fibre. Eventually, following high N fertilization

Table 10.2. Effect of Polaris at 4 kg a.i. ha^{-1} on the stalk component of H59-3775 at Mahna Key Sugar Co. (Buren 1976)

Parameter	Check	Treated	Change
Soluble salts (%)	13.3	16.8	25.9
Fibre (%)	12.4	12.8	3.3
Moisture (%)	76.1	72.6	− 4.5

coupled with adequate soil moisture, thin-walled cells develop 'pithiness' or 'piping'.

It is reasonable to regard that a direct relation exists between sugar, fibre and moisture and maximum sugar accumulation should not be accompanied by minimum fibre production. It is therefore postulated that potassium has a dominant effect in controlling both sugar and fibre production by flushing out tissue moisture and N. The multiple roles of K include sugar transport, protein synthesis and internal control of tissue moisture. Thus, K improves the fibre content of cane by gradually reducing tissue moisture (Fig. 10.5). Hartt (1929) provided evidence to show that K increases cutinization with decreased lignification. A lack of K results in an abnormal distribution of vessels with large vacuoles. Humbert (1975) suggested a heavy and late K application (even up to the 9-month stage) for maximum production of sugar and cellulose. He further recommended that a nutrient ratio of N:P:K of 2:1:2 be increased to 2:1:4 to achieve high sugar and fibre production.

Figure 10.5 suggests that late and heavy K application has a two-pronged attack and regulates both sugar and fibre. A sugar increase paralleling the fibre increase is evident following K addition. Firstly, K helps to convert reducing sugars to sucrose and improves the pol content of cane. Secondly, K reduces tissue moisture and aids conversion of thin-walled, large parenchyma cells to sclerenchymatous fibre cells. Exchangeable K, ranging from

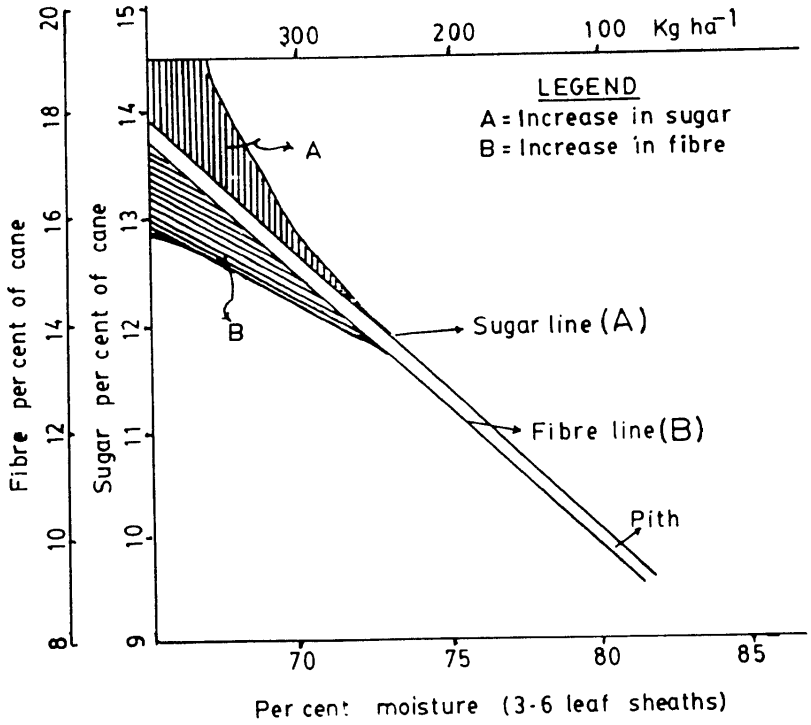


Fig. 10.5. The effect of K on sugar, fibre and tissue moisture. *A* Increase in sugar; *B* increase in fibre

SCIENCE DIRECT Register or Login: user name Password:

Home Search Journals Abstract Databases Reference Works My Profile Alerts

Quick Search: within All Full-text Sources Search tips 日本語サポート

64 of 68 results list previous next

Bioresource Technology
Volume 51, Issues 2-3 , 1995, Pages 241-245

doi:10.1016/0960-8524(94)00135-N
Copyright © 1995 Published by Elsevier Science Ltd.

This Document
▸ **Abstract**
· Abstract + References
· PDF (423 K)

Actions
· Cited By
· Save as Citation Alert
· E-mail Article
· Export Citation

Crop residue management to conserve soil organic matter content in sugarcane -based crop rotations

R. L. Yadav and R. P. Verma

Indian Institute of Sugarcane Research, Lucknow-226002, India

Received 16 January 1994; accepted 12 November 1994. ; Available online 29 March 2000.

Abstract

In rice-plant cane-ratoon cane and cowpea-plant cane-ratoon cane rotations, rice produced a significantly greater root biomass (1·5 t/ha) than cowpea (0·7 t/ha), but, overall, the cowpea-plant cane-ratoon cane rotation added little more residues (7·9 t/ha) to the soil than the rice-plant cane-ratoon cane rotation (7·5 t/ha). Organic matter (OM) and total N in the soil not only increased more after cowpea (OM = 0·78%, N = 0·048%) compared with rice (OM = 0·66%, N = 0·024%) but also remained at a higher level throughout the crop sequence. Time of N application to sugarcane did not influence significantly the OM and N contents of the soil. However, placement of N at 15 cm depth along stubble rows in the ratoon crop improved the OM and N contents of the soil more than the top dressing of N. Sugarcane yields were significantly higher in cowpea-plant cane-ratoon cane rotation than those in the rice-plant cane-ratoon cane rotation. Split applications of N at 45 and 90 days after planting produced a significantly higher plant-cane yield than other split applications, but did not influence ratoon-cane yield significantly.

Author Keywords: Crop residue; crop-rotations; organic matter; soil N; sugarcane

Corresponding author. Author to whom correspondence should be addressed. Present address: Directorate of Cropping Systems Research, , Modipuram-250110, UP, , India.

Manas Seangkong 1997 : Technology Application for Sugar-cane Production of Farmers in Changwat Sing Buri. Master of Science (Agriculture), Major Field Agricultural Extension, Department of Agricultural Extension and Communication. Thesis Advisor : Associate Professor Chatcharee Narutoom, M.S. 157 pages.

The specific objectives of this research were to investigate : 1) The technology application of farmers for Sugar-cane growing, 2) Some socio-economic background of farmers, 3) The relationships between some socio-economic background with the technology application for Sugar-cane growing. Studied samples included 120 for Sugar-cane production of farmers resided in Changwat Sing Buri.

The findings revealed that the farmers 77.5 percent are male, average age are 42.73 years. Almost, 61.7 percent that educated in elementary, average debts are 146,347.83 bath and the average areas used for Sugar-cane cultivated are 50.02 rai. Farmers technology application for Sugar-cane consists. The conductions were farmers over 80 percent practiced crop planing; over 70 percent prepared standardized furrows; less than 60 percent selected and prepared stoiks; over 70 percent take care and maintenance; over 80 percent applied harvest technology. Only 70 percent practiced maintenance of Sugar-cane stumps. Over 60 percent controlled deseases and insects.

After hypothesis had been tested. There is no significant difference in technology application according to age, income, debts, size of the plantation. However there is significant difference in technology application for those who no contact with the agricultural extension offcials.

And it was found that the problems are 60.25 percent that lack of labors used for take care and maintenance. The cost of Sugar-cane stalks 30.65 percent are very high and 25.17 percent about howtolet of the water.

Manas Seangkong — Student's Signature

Chatcharee Narutoom — Thesis Advisor's Signature, 22 May 97

SCIENCE DIRECT Register or Login: user name Password:

Home Search Journals Abstract Databases Reference Works My Profile Alerts

Quick Search: within All Full-text Sources Search tips 日本語サポート

21 of 68 results list previous next

Soil Biology and Biochemistry
Volume 34, Issue 1 , January 2002, Pages 93-102

doi:10.1016/S0038-0717(01)00160-2
Copyright © 2002 Elsevier Science Ltd. All rights reserved.

This Document
▸ **SummaryPlus**
· Full Text + Links
· PDF (331 K)

Actions
· Cited By
· Save as Citation Alert
· E-mail Article
· Export Citation

Soil organic matter content and quality: effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa

M. H. Graham[a], R. J. Haynes[a] and J. H. Meyer[b]

[a] School of Applied Environmental Sciences, University of Natal, Private Bag X01, Scottsville 3209, Pietermaritzburg, South Africa

[b] South African Sugar Association Experiment Station, Private Bag X02, Mount Edgecombe 4300, South Africa

Received 18 December 2000; revised 17 July 2001; accepted 2 August 2001 Available online 30 December 2001.

Abstract

The effects of crop residue management and fertilizer applications on soil organic matter (SOM) content and labile soil organic fractions were examined on a long-term (59 years) field trial under sugarcane situated at Mount Edgecombe, South Africa. Treatments at the site included pre-harvest burning with harvest residues removed (Bto), burning with harvest residues left at the soil surface (Bt) and green cane harvesting with retention of a trash blanket (T). Plots are either fertilized annually with N, P and K or unfertilized. Soil organic matter content in the surface 10 cm increased with increasing inputs of crop residues (Bto<Bt<T) and with annual fertilizer applications. There were no significant treatment effects on organic C or total N content below 10 cm but for microbial biomass C and N, readily mineralizable C and N, K_2SO_4-extractable and light fraction C, treatment effects were evident in the 10-20 and 20-30 cm layers. Changes in soil N content were more marked than those for organic C and, as a result, the C-to-N ratios of total SOM, the readily mineralizable fraction and the microbial biomass were all decreased by both increasing crop residue returns and fertilizer additions. By contrast, both crop residue and fertilizer inputs increased the microbial quotient since microbial biomass C was increased to a greater extent than total soil organic C. The results demonstrate that greater inputs of organic matter due to either increased returns of

above-ground crop residues or increased deposition due to higher yields (induced by annual fertilizer applications) cause a proportionately greater increase in the size of labile pools of organic matter than in the total organic matter content.

Author Keywords: Light fraction; Microbial biomass; Mineralizable N; Soil organic matter (SOM); Soil management; Sugarcane

Article Outline

1. Introduction
2. Materials and methods
    2.1. Experimental site
    2.2. Site sampling
    2.3. Total and labile organic matter
    2.4. Light fraction
    2.5. Carbon and nitrogen minerization
    2.6. Changes in the soil profile
    2.7. Statistical analyses
3. Results
    3.1. Treatment effects
    3.2. Changes in the soil profile
4. Discussion
    4.1. Accumulation of C and N
    4.2. Labile organic matter fractions
    4.3. Fertilizer effect
    4.4. Light fraction
    4.5. Conclusions
Acknowledgements
References

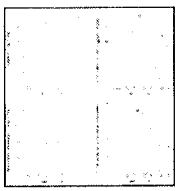

(28K)

Fig. 1. Effects of long-term trash management practices and fertilizer applications on organic C (a), microbial biomass C (c) and the C-to-N ratio of the organic matter (b) and the microbial biomass (d) in the 0 5 cm soil layer. Grass=undisturbed grassed area, BR=burnt with harvest residues left on plots, T=green cane harvested with retention of a trash blanket, F0=unfertilized and F=fertilized annually with N, P and K. Means associated with the same letter are not significantly different ($P \leq 0.05$).

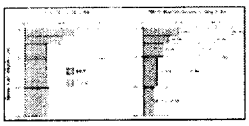
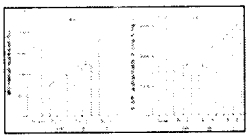

(15K)

Fig. 2. Distribution of organic C (a) and microbial biomass C (b) in the soil profile in the BRF and TF treatments. Values for the microbial quotient at each depth are shown in

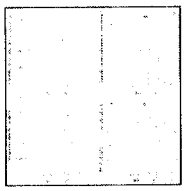
brackets. BR=burnt with harvest residues removed, T=green cane harvested with retention of a trash blanket, F=fertilized annually with N, P and K. LSD ($P \leq 0.05$) shown for treatment differences for each soil layer.



(16K)

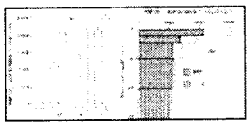
Fig. 3. Effects of long-term trash management practices and fertilizer applications on the microbial quotient (a) and K_2SO_4-extractable C (b) in the 0–5 cm layer.

Grass=undisturbed grassed area, BR=burnt with harvest residues left on plots, T=green cane harvested with retention of a trash blanket, F0=unfertilized and F=fertilized annually with N, P and K. Means associated with the same letter are not significantly different ($P \leq 0.05$).



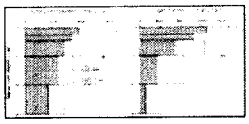
(28K)

Fig. 4. Effects of long-term trash management practices and fertilizer applications on readily mineralizable C (a) and N (b), the mineralizable N-to-total N ratio (c) and the mineralizable C-to-mineralizable N ratio (d) in the 0–5 cm soil layer. Grass=undisturbed grassed area, BR=burnt with harvest residues left on plots, T=green cane harvested with retention of a trash blanket, F0=unfertilized and F=fertilized annually with N, P and K. Means associated with the same letter are not significantly different ($P \leq 0.05$).



(18K)

Fig. 5. Effects of long-term trash management practices and fertilizer applications on $KMnO_4$-extractable C in the 0–5 cm soil layer (a) and distribution of $KMnO_4$-extractable C in the soil profile (b) in the BRF and TF treatments. Grass=undisturbed grassed area, BR=burnt with harvest residues left on plots, T=green cane harvested with retention of a trash blanket, F0=unfertilized and F=fertilized annually with N, P and K. Means in the 0–5 cm layer associated with the same letter are not significantly different ($P \leq 0.05$). Within the soil profile, LSD ($P \leq 0.05$) shown for treatment differences for each soil layer.



(19K)

Fig. 6. Distribution of K_2SO_4-extractable (a) and light fraction C (b) in the soil profile in the BRF and TF treatments. BR=burnt with harvest residues removed, T=green cane harvested with retention of a trash blanket, F=fertilized annually with N, P and K. LSD ($P \leq 0.05$) shown for treatment differences for each soil layer.

(27K)

Fig. 7. Effects of long-term trash management practices and fertilizer applications on the dry matter (a), C (b) and N (c) content and C-to-N ratio (d) of the light fraction in the 0–5 cm soil layer. Grass=undisturbed grassed area, BR=burnt with harvest residues left on plots, T=green cane harvested with retention of a trash blanket, F0=unfertilized and F=fertilized annually with N, P and K. Means associated with the same letter are not significantly different ($P \leq 0.05$).

Table 1. Quantities of organic C, total N, mineralizable C and N, microbial biomass C, K_2SO_4- and $KMnO_4$-extractable C and light fraction C in the surface 30 cm of soil. Mean cane yields (1978–1990) are also shown (15K)

References

Ahmad, N., 1988. Management of vertisols in the humid tropics. In: Wilding, L.P. and Puentes, R., Editors, 1988. *Vertisols: Their Distribution, Properties, Classification and Management*, Texas A & M University, College Station, pp. 97 115.

Blair, G.J., Lefroy, R.D.B. and Lisle, L., 1995. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. *Australian Journal of Agricultural Research* 46, pp. 1459–1466. Abstract-GEOBASE | Abstract-Elsevier BIOBASE

Blair, G.J., Chapman, L., Whitbread, A.M., Ball-Coelho, B., Larsen, P. and Tiessen, H., 1998. Soil carbon changes resulting from sugarcane trash management at two locations in Queensland, Australia, and in north-east Brazil. *Australian Journal of Soil Research* 36, pp. 873–881.

Blair, N., 2000. Impact of cultivation and sugarcane green trash management on carbon fractions and aggregate stability for a Chromic Luvisol in Queensland, Australia. *Soil and Tillage Research* 55, pp. 183–191. Abstract

Bolan, N.S., Baskaran, S. and Thiagarajan, S., 1996. An evaluation of the methods of measurement of dissolved organic carbon in soils, manures, sludges, and stream water. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 27, pp. 2723–2737. Abstract-GEOBASE | Abstract-Elsevier BIOBASE

Bremmer, J.M. and Mulvaney, C.S., 1982. Nitrogen-total. In: Page, A.L., Editor, , 1982. *Methods of Soil Analysis, Part 2*, American Society of Agronomy, Madison, pp. 593–642.

Brookes, P.C., Landman, A., Pruden, G. and Jenkinson, D.S., 1985. Chloroform fumigation and the release of nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology & Biochemistry* 17, pp. 837–842. Abstract | Abstract + References | PDF (716 K)

SCIENCE DIRECT Register or Login: user name Password:
Home Search Journals Abstract Databases Reference Works My Profile Alerts
Quick Search: within All Full-text Sources Search tips 日本語サポート
62 of 68 results list previous next

Bioresource Technology
Volume 54, Issue 2 , 1995, Pages 93-98

doi:10.1016/0960-8524(95)00084-4
Copyright © 1996 Published by Elsevier Science Ltd.

This Document
▸ **Abstract**
· Abstract + References
· PDF (437 K)

Actions
· Cited By
· Save as Citation Alert
· E-mail Article
· Export Citation

Soil organic matter and NPK status as influenced by integrated use of green manure, crop residues, cane trash and urea N in sugarcane–based crop sequences

R. L. Yadav

Indian Institute of Sugarcane Research, Lucknow-226 002, India

Received 29 March 1995; revised 30 April 1995; accepted 23 May 1995. ; Available online 5 April 2000.

Abstract

A field experiment was conducted at Lucknow (26·5° N, 80·5° E, 120 m above mean sea level), India, during 1992–1995 to compare biomass productivity and crop yields in *Sesbania aculeata* (as green manure)–sugarcane–ratoon and rice–sugarcane–ratoon rotations at 0, 150 and 300 kg ha^{-1} N through urea to sugarcane, and 0, 75, 150 and 225 kg N ha^{-1} applied to the subsequent ratoon crop with and without trash mulch. The *Sesbania*–sugarcane–ratoon rotation added 14·48 t ha^{-1} biomass to the soil compared with 4·81 t ha^{-1} by the rice–sugarcane–ratoon rotation because *Sesbania* yielded a significantly greater biomass (11·12 t ha^{-1}) than did the residual rootmass of rice (1·68 t ha^{-1}) and sugarcane (2·64–3·83 t ha^{-1}). Soil organic carbon, however, tended to decline after green manuring with *Sesbania* but gradually increased after incorporation of rice-root residues. Trash mulching of the ratoon crop upgraded the level of soil organic carbon and mineral-N status compared to no mulching. Sugarcane yields were significantly higher in the rice–sugarcane–ratoon rotation than in the *Sesbania*–sugarcane–ratoon rotation. A multiple linear regression model; $Y = 8·075 + 0·675\,(PN) - 22·45(OC) + 0·671(P)$; $R^2 = 0·965$, showed that cane yields (Y) were influenced significantly by N uptake (PN), soil organic carbon (OC) and available P (P) status.

Author Keywords: Green manure; crop residue; crop-rotation; organic matter; sugarcane

別紙3
添付資料－１２

沖縄県農業試験場研究報告：第13号 101－109
Bull. Okinawa Agric. Exp. Sta. No.13 101－109(1989)

有機物利用による地力維持増強

第１報　各種有機物資材の組成と土壌中における分解

当　真　嗣　尊
化学部土壌微生物肥料研究室

Maintenance and Increase of Soil Fertility with Organic Materials.

1. Influence of the Chemical Component of Some Organic Materials on the Rate of Carbon-decomposition and Mineralization of Nitrogen with two Soil Types.

Tsugutaka Toma

Okinawa Prefectural Agricultural Experiment Station
4-222, Sakiyama-cho, Shuri, Naha-city, 903 Japan.

Summary

In order to estimate the quality of six organic materials for composing and to investigate the predominant factor on decomposition of pig waste, chemical analysis of materials and two kinds of incubation tests were conducted using two soil types (Calcarious fine-textured brown lowland soil and acidic fine-textured yellow soil).

After the chemical analysis of six organic materials (such as dead leaves of sugarcane, bagasse, japanese plume grass, ipil-ipil, water hyacinth and sewage sludge) were classified into two types, using the results of these experiments, the results showed from the viewpoint of total nitrogen content and hemicellulose and cellulose that one type is categorized as nitrogeneous materials and has a high level of nitrogen and a low level of hemicellulose and cellulose (such as s wage sludge and water hyacinth).

Another is categorized as cellulosis materials, which has a low level total nitrogen and a high level of hemicellulose and cellulose (such as dead leaves of sugarcane, bagasse and japanese plume grass). Ipil-ipil contains more cellulose than nitrogeneous materials, but less than cellulose materials.

High concentration of total nitrogen, hot water soluble organic matter and 80% of sulfuric acid insoluble N-compound matter in organic materials resulted in a high rate of C-decomposition (RCD). On the other hand, high concentration of hemicellulose, cellulose and high C/N ratio depressed RCD.

Mineralization of nitrogen (MN) was limited by the high concentration of total carbon, and hemicellulose and cellulose.

According to the results of the incubation test, RCD of pig waste in the soil was influenced by temperature and degree of maturity. RCD of pig waste in soil was higher at 25℃ than at 10℃. Inmature waste seemed to decompose more rapidly mature waste.

Temperature and soil moisture influenced mineralization of nitrogen. Under warm (25℃) and

1988年９月17日　受理

wet conditions of soil (80% of maximum moisture capacity), the amount of mineralized nitrogen was higher than that of the condition of 10℃, and 55% of maximum moisture capacity. On the other hand, the amout of mineralized nitrogen of the calcarious soil was higher than that of acidic soil.

緒　　言

近年、有機物資材の慢性的な不足から地力の低下が叫ばれ、地力の維持増強の目的から、種々有機物資材に目が向けられ、農耕地に施用される有機物資材の種類も多様化してきている。また、下水汚泥、都市ゴミ、バークおよびオガクズなどの有機質産業廃棄物の農地還元から派生する種々問題も生じている。

有機物は、地力を維持増強し、作物の生産性を高めるが、しかし、重金属やその他の有害物質等を含むものは、土壌に施用すると、自然の生態系を攪乱し、ひいては人間の健康を害することが危惧される。

有機物は土壌の保水性、透水性を改善し、CECを増大させ、養分を供給するなど土壌の理化学性を改善し、さらに土壌微生物や小生物のエネルギー源および栄養源となり、それらの好適な生息環境を形成する。地力維持増強は、土壌の物理性、化学性、生物性を総合的に改善し、作物の生産性を高めることであるが、今のところ、有機物に勝る資材は見当たらない。

未熟な有機物を土壌に施用すると種々の障害が発現する。これは有機成分組成と密接な関係があり、有機物の堆積腐熟は障害回避の目的からも重要である。

有機物資材の成分組成および腐熟に伴う有機成分の変化は有機物資材により大きく変化する。井ノ子（1982）[1)-2)]は成分組成から有機物資材を木質資材、繊維質資材、窒素質資材の3群に分け、それらの有機物資材を堆肥化する際の有機成分の変動は、この群別によりある程度予測できると述べている。

今回はこれらのことから、沖縄県に産する有機物資材を利用し、堆肥化の難易とその品質評価を探るために、以下の6種類の有機物資材の成分分析と、土壌中における分解特性を調査したので報告する。

なお、この報告は1984年の9月から10月までの農林水産省農業環境技術研究所での研修結果である。指導助言を賜った井ノ子昭夫氏、菅原和夫氏、また研究室のスタッフの方々に感謝を申し上げます。

材料および方法

1)材料

県内に産するサトウキビ枯葉、バガス、ススキ、ギンネム、ホテイアオイ、下水汚泥の6種類を供試した。

2)成分分析

全炭素は小坂・本田・井磧法、全窒素はミクロケルダール蒸留法[4)]、CECは原田らの方法[6)]で測定した。また下水汚泥は製造工程中に炭酸カルシウムを加えるため、炭素は小坂・本田・井磧法[4)]により有機態炭素として測定した。

エタノール・ベンゼン可溶物、熱水可溶有機物、ヘミセルロース、セルロース、リグニン、80%硫酸不溶性含窒素化合物は堆きゅう肥等有機物分析法[5)]に従って分析した。

3)分解試験

細粒黄色土（屋良統、国頭マージ）と細粒褐色低地土（小那覇統、ジャーガル）の2土壌を供試し、菅原の方法[5)]に従い調査した。土壌は乾土として20g、有機物は乾物として0.2g相当量を供試し、水分を最大容水量の55%に調整した後、有機物資材を添加し、25℃、3週間培養により生じた二酸化炭素の発生量を測定した。炭素分解率は次式により算出した。

炭素分解率（%）＝（有機物添加区の二酸化炭素発生量－有機物無添加区の二酸化炭素発生量）／供試有機物資材の全炭素量

また、培養終了後の土壌中のアンモニア態窒素、硝酸態窒素はBremner法[4)]にて定量し、有機物無添加区の窒素含有量との収支量からアンモニア態および硝酸態窒素の無機化量として次式により算出した。

窒素の無機化量（mg／100 g）＝培養後の土壌中の窒素量－供試土壌中の窒素含量

4)豚糞堆肥分解試験

第1表に示したように、有機物として豚糞堆肥を供試して、温度（25℃、10℃）、土壌水分（最大容水量の55%、80%）、土壌の種類（細粒黄色土、細粒褐色低地土）、豚糞堆肥の腐熟の程度（未熟、完熟(150日堆積)）に、繰り返しを加えて5因子、2水準の直交表割付（$L_{16}(2^{15})$）による実験を組んだ。3)の実験同様に菅原の方法に従い3週間培養し、二酸化炭素の発生量を測定することにより炭素の分解率を算出した。また窒素の無機化量（発生量）に関しても同様に分析し、算出した。

第1表．2水準実験組合せ

因子	水準	
繰り返し(A)	1回目	2回目
温度(B)	25 ℃	10 ℃
土壌水分(C)	最大容水量の55%	最大容水量の80%
土壌の種類(D)	細粒黄色土	細粒褐色低地土
腐熟程度(E)	未熟	完熟(150日堆積)

結果および考察

1）有機物資材の成分組成

各種有機物資材の無機成分組成とCECを第2表に示した。炭素含量は下水汚泥が24.32％と最も低く、次いでホテイアオイが36.26％と低い値を示した。

全窒素は逆に下水汚泥とホテイアオイが高く、それぞれ3.35%、2.38%であった。また、ギンネムも窒素含量が高く2.79%を示した。

C/Nが最も低いのは下水汚泥で7.9、次いでホテイアオイの15.2、ギンネムの17.0であった。しかし、サトウキビ枯葉、バガス、ススキについては112.8、56.8、65.5と高く、これら3資材の堆肥化および圃場への施用には窒素の添加が必要である。

粗灰分は下水汚泥で50.08％と高く、土砂やその他の夾雑物の混入および炭酸カルシウム添加の影響がかなり大きかった。その他ではホテイアオイが24.45％と高い値を示した。

CECは下水汚泥が最も高く、ホテイアオイがこれに次いだ。CECは一般に腐朽が進行すると高

第2表．各種有機物資材の無機成分とCEC（乾物%）

有機物資材＼成分	全炭素	全窒素	C／N	粗灰分	CEC (meq/100g)
サトウキビ枯葉	43.98	0.39	112.8	9.75	19.80
バガス	43.72	0.77	56.8	8.83	23.25
ススキ	44.56	0.68	65.5	8.73	10.54
ギンネム	47.49	2.79	17.0	5.78	-
ホテイアオイ	36.26	2.38	15.2	24.45	63.06
下水汚泥	24.32*	3.35	7.9	50.08	100.3

＊有機態炭素

くなるが、この両者はもともとCECが高いと言える。

以上の結果から下水汚泥、ホテイアオイについては急速分解によるガスの発生（アンモニア、二酸化炭素等）およびpHや重金属等に問題がなければ、そのままでも土壌に還元可能であると考えられる。

エタノール・ベンゼン可溶物はギンネムが9.79％と最も多く、バガスは1.71％と最も少なかった（第3表）。

熱水可溶有機物はギンネムで15.31％と最も多く、次いでホテイアオイの10.41％、下水汚泥の9.92％であった。

エタノール・ベンゼン可溶物および熱水可溶物は糖、ペクチン、デンプンおよび脂質等の分解の速い易分解物に相当すると考えられるので、この成分の多いギンネム、ホテイアオイおよび下水汚泥は微生物により急速に分解される資材であると

第3表．各種有機物資材の有機成分（乾物%）

成分 / 有機物資材	エタノール・ベンゼン可溶物	熱水可溶有機物	炭水化物 ヘミセルロース	炭水化物 セルロース	80%硫酸不溶物 リグニン	80%硫酸不溶物 N化合物
サトウキビ枯葉	5.25	5.76	25.27	31.29	13.98	0.12
バガス	1.71	7.49	21.94	34.57	14.55	0.12
ススキ	5.09	6.55	20.16	32.18	13.71	0.18
ギンネム	9.79	15.31	11.66	20.07	16.77	0.50
ホテイアオイ	5.34	10.41	12.44	9.34	11.55	0.34
下水汚泥	4.91	9.92	0.46	2.79	12.19	0.75

思われる。

ヘミセルロースは下水汚泥で0.46%と最も低く、次いでギンネムの11.66%、ホテイアオイの12.44%であった。

また、セルロースは下水汚泥で2.79%、ホテイアオイで9.34%と低い値を示すが、ギンネムは茎部（木質部分）の影響により20.07 %とやや高い値を示した。しかし、その値はサトウキビ枯葉、バガス、ススキよりは低かった。

リグニンはホテイアオイで11.55%と最も低い値を示し、土壌に施用しても腐植として残る量が少ないと予想された。しかし、どの資材も12～17%の範囲にあり、他の成分に比較して資材間の差は小さかった。

80%硫酸不溶性窒素化合物は下水汚泥、ギンネムおよびホテイアオイの順であった。

これらの分析値から井ノ子の方法[2]に従い群別すると、ホテイアオイと下水汚泥は窒素質資材(I)、サトウキビ枯葉、バガス、ススキは繊維質資材(II)に相当する。また、ギンネムについては窒素含量が高く、繊維分の中ではセルロースがやや高いことから、(I)と(II)の中間的な資材と言える。

2）分解試験

第4表に供試土壌および下水汚泥の理化学性を示した。両土壌ともそれぞれの特性をよく示した。また下水汚泥については炭酸カルシウムの添加の影響が大きく、高pHを示した。

第5表と第6表には細粒黄色土と細粒褐色低地土に有機物資材を加え、培養した後の土壌のpH、炭素の分解率、アンモニア態、硝酸態窒素の形態別収支およびその合計量（無機化量）を示した。細粒黄色土、細粒褐色低地土とも有機物を加えて培養することによりpHが低下したが、細粒黄色土においては下水汚泥添加のものは炭酸カルシウムの影響で逆にpHが高くなった。

細粒黄色土における炭素分解率はホテイアオイ17.66%、ギンネム17.55%、下水汚泥14.90%の順であった。細粒褐色低地土においてはホテイアオイ21.06%、ギンネム19.66%、ススキ13.00%の順となり、下水汚泥は8.36%と低い値を示した。下水汚泥以外の有機物の分解が細粒褐色低地土で高いのは、細粒黄色土に比較して、細粒褐色低地土の窒素肥沃土が高いことによると思われる。また、窒素含量の最も高い下水汚泥の分解率は細粒褐色

第4表．供試土壌および下水汚泥の化学性(乾物%)

試料名	炭素 全炭素	炭素 有機態炭素	窒素 全窒素	窒素 NH_4-N*	窒素 NO_3-N*	C/N	pH KCl	pH H_2O	CEC (meq/100g)
細粒黄色土（国頭マージ）	0.24	0.28	0.08	0.98	0.52	3.0	3.9	4.5	5.95
細粒褐色低地土（ジャーガル）	1.85	1.02	0.12	0.78	0.75	15.4	8.0	8.3	17.00
下水汚泥	26.33	24.32	3.35	13.10	16.07	7.9	10.8	10.4	126.6

＊mg/100g

第5表．細粒黄色土（国頭マージ）における各種有機物資材の分解

有機物資材名	培養後の	炭素分解率	窒素無機化量(mg/100g)		
	pH	(%)	NH_4-N	NO_3-N	合　計
サトウキビ枯葉	3.95	6.08	-0.94	-0.03	-0.97
バ　ガ　ス	3.97	6.90	-1.01	-0.10	-1.11
ス　ス　キ	3.98	9.71	-0.90	-0.03	-0.93
ギ　ン　ネ　ム	4.03	17.57	-0.98	-0.10	-1.08
ホテイアオイ	4.11	17.66	1.81	0.21	2.02
下　水　汚　泥	5.96	14.90	5.12	0.06	5.18
対照(土壌のみ)	4.14	—	—	—	—

第6表．細粒褐色低地土（ジャーガル）における各種有機物資材の分解

有機物資材名	培養後の	炭素分解率	窒素無機化量(mg/100g)		
	pH	(%)	NH_4-N	NO_3-N	合　計
サトウキビ枯葉	7.84	8.04	-0.09	-2.51	-2.60
バ　ガ　ス	7.90	12.38	-0.10	-2.56	-2.66
ス　ス　キ	7.92	13.00	0.24	-2.28	-2.52
ギ　ン　ネ　ム	7.94	19.66	0.24	-2.47	-2.23
ホテイアオイ	7.88	21.06	0.34	2.85	3.19
下　水　汚　泥	7.92	8.36	1.42	2.97	4.39
対照(土壌のみ)	7.75	—	—	—	—

低地土で低く、志賀の見解[3]と一致した。

窒素の発生量（無機化量）はサトウキビ枯葉、バガス、ススキおよびギンネムとも両土壌において負となった。このように無機態の窒素が土壌のみの場合より減ずるのは、これら4資材の分解のために土壌中の窒素が微生物に利用され、窒素の有機化が行われることによると考えられる。このことは、これらの資材を直接土壌に施用した場合、作物の窒素飢餓を引き起こす可能性を示唆していると思われる。窒素含量の少ないサトウキビ枯葉、バガス、ススキの3資材については、堆肥化の際に特に、窒素源の添加が必要であると考えられる。また、ホテイアオイと下水汚泥については窒素の発生量が正となったことから、両資材が土壌中の微生物により急速に分解されたものと思われる。

第7表は土壌別、資材別の炭素分解率の分散分析の結果である（下水汚泥は除く）。有機物の分解は土壌間により差のあることが明らかにされており（志賀[3]）、この実験においても同様の傾向が認められた。一般的に細粒褐色低地土において炭素分解率が高くなることから、細粒褐色低地土は微生物活性の高い、あるいは微生物の生息に適した環境であると思われる。

炭素分解率と有機物資材の成分の関係を第1図に示した。

第7表．炭素分解率の分散分析

要　因	自由度	平方和	平方平均	F　値
全　体	23	598.7		
繰り返し	1	.3218	.3218	1.269
処　理	11	595.6		
土壌(A)	1	15.55	15.55	61.35＊＊
資材(B)	5	492.1	98.42	388.2＊＊
A×B	5	87.93	17.59	69.38＊＊
誤　差	11	2.789	.2535	

細粒黄色土における炭素分解率と全窒素、熱水可溶物および80%硫酸不溶性窒素化合物とはそれぞれ正の相関が認められ、また、C/N、ヘミセルロースおよびセルロースとはそれぞれ負の相関関係が認められた。特に下水汚泥を除くとその相関係数は高くなった。

細粒褐色低地土においては炭素分解率と全窒素とは正の相関関係、C/N、ヘミセルロースとの間にはそれぞれ負の相関関係が認められた。

細粒黄色土において、炭素分解率と80%硫酸不溶性窒素化合物との間に正の相関が認められることは、土壌微生物は炭素分解に伴う窒素源として80%硫酸不溶性窒素化合物を利用することが可能であると考えられる。

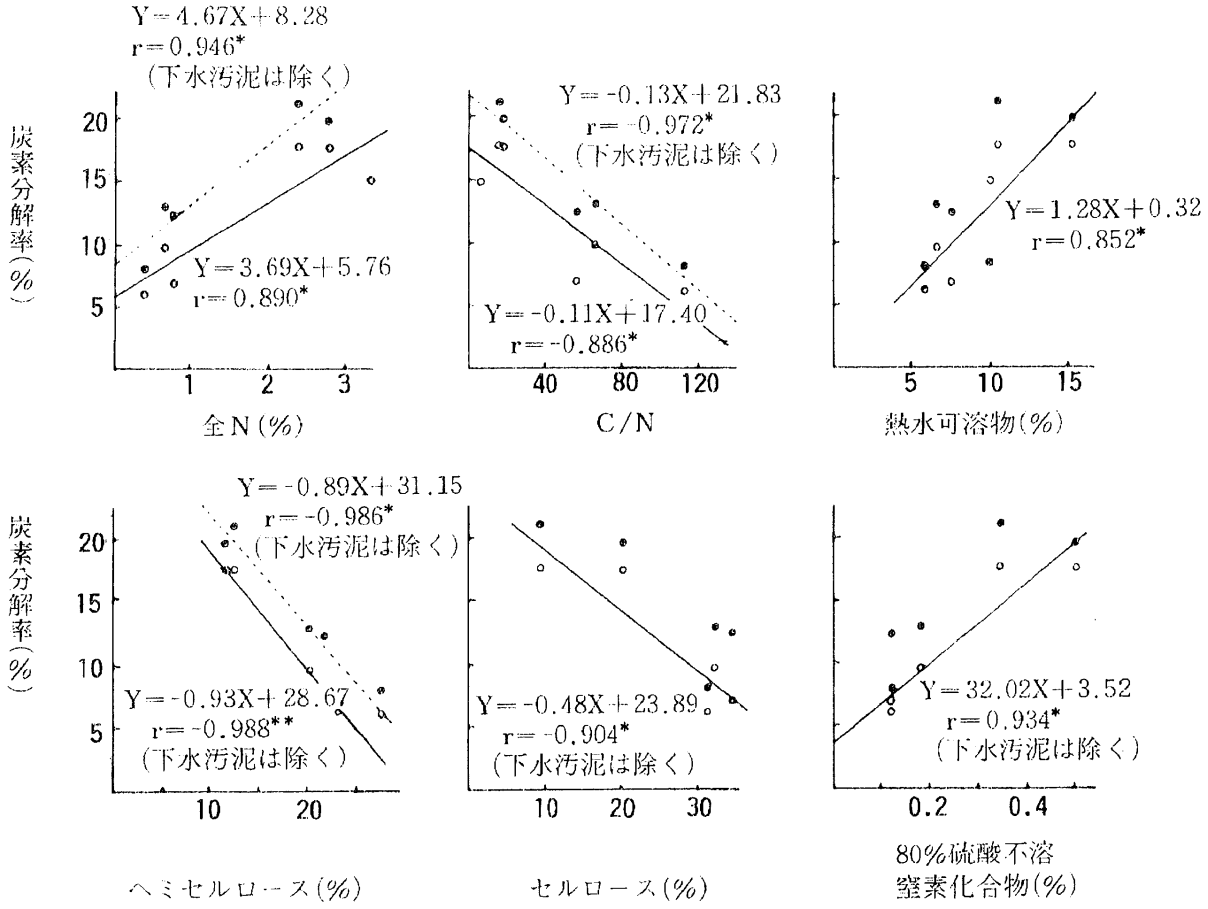


図1．各種有機物資材の成分組成と炭素分解率の関係

有機物からの窒素の無機化は両土壌とも有機物中の炭素化合物（全炭素、ヘミセルロース、セルロース）にのみ規制され、その間には負の相関関係（5%で有意）が認められた。また、今回の実験で細粒褐色低地土における炭素分解率が細粒黄色土に比べて高いにも拘らず、窒素の無機化量が逆に負になっていることは、確認には到らなかったがアンモニアの揮散によると考えられる。

3）豚糞堆肥分解試験

第8表に各因子の割付と炭素分解率と窒素の無機化量の分析データを示した。

炭素分解率は温度（B）と腐熟程度（E）の2要因で1%水準の有意差が認められた（第9表）。特に有機物の分解には温度の寄与率が高く（62.5%）、全ての因子の中では最も顕著に影響が出てくるものと思われる。これは高温条件下では有機物の分解が急速に進行し、腐植の集積が困難であることを示している。

第8表．2水準実験における炭素分解率と窒素無機化量

因子	因子の割付					分析データ			
	繰り返し	温度	土壌水分	土壌の種類	腐熟程度	炭素分解率	窒素無機化量(mg/100g)		
No	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(%)	NH_4-N	NO_3-N	合計
1	1	1	1	1	1	29.61	2.70	0.08	2.78
2	1	1	1	2	2	19.31	0.10	3.01	3.11
3	1	1	2	1	2	12.61	2.73	1.15	3.88
4	1	1	2	2	1	33.43	-0.04	5.93	5.89
5	1	2	1	1	2	3.28	0.76	1.08	1.84
6	1	2	1	2	1	4.61	2.76	-1.82	0.94
7	1	2	2	1	1	9.32	0.98	0.06	1.04
8	1	2	2	2	2	1.15	2.08	0.11	2.19
9	2	1	1	1	2	8.66	1.34	1.14	2.48
10	2	1	1	2	1	32.41	0.01	4.06	4.07
11	2	1	2	1	1	29.61	4.46	0.01	4.47
12	2	1	2	2	2	16.41	-0.10	4.32	4.22
13	2	2	1	1	1	7.50	1.08	0.03	1.11
14	2	2	1	2	2	-2.35	1.21	-0.73	4.80
15	2	2	2	1	2	3.85	0.62	1.07	1.69
16	2	2	2	2	1	9.82	3.80	-0.97	2.83

第9表．豚糞堆肥の炭素分解率の分散分析

要因	平方和	自由度	平均平方	Fo	寄与率
繰り返し(A)	3.4318	1	3.4318	0.53	0.0
温度(B)	1311.7	1	1311.7	202.01**	62.5
土壌水分(C)	10.841	1	10.841	1.67	0.2
土壌の種類(D)	6.6952	1	6.6952	1.03	0.0
腐熟程度(E)	545.11	1	545.11	83.95**	25.8
B×C	5.0963	1	5.0963	0.78	0.0
D×E	.22326	1	.22326	0.03	0.0
B×D	63.163	1	63.163	9.73*	2.7
C×E	.53656	1	.53656	0.08	0.0
C×D	.015006	1	.015006	0.00	0.0
B×E	114.22	1	114.22	17.59*	5.2
誤差	25.973	4	6.4932		
計	2087.0	15			

また、未熟堆肥が完熟堆肥に比較して、分解率が高くなったのは、未熟堆肥が易分解性の物質を多く含み、それが急速に分解消失することによると思われる。

交互作用は温度（B）と土壌の種類（D）、温度と腐熟程度（E）間に認められ、いずれも5%水準で有意となった。

母平均の差の推定値（第10表、第11表）から、B×Dにおける有意性は、高温条件下において土壌により分解に差の生ずることを意味する。すなわち国頭マージよりジャーガルにおいて有機物の分解が急速に行われるものと推察された。しかし、

温度と腐熟程度の寄与率に比べるとB×D、B×Cの交互作用はかなり低く、B×Eで5.2%、B×Dで2.7%であった。これらのことから、土壌中での堆肥の分解は温度により最も大きく左右され、次に有機物の腐熟程度により左右されると言える。

堆肥の窒素の無機化には温度の寄与率が最も高く（第12表）、1%水準で有意となり、高温では窒素の発生が多くなった。次に土壌水分の寄与率が高く（15.2%）、また、最大容水量の55%より80%の方が窒素の発生量も多くなった。

また、F値の値が小さい因子（$F_o < 1.0$）を誤差にプールすると、D因子（土壌の種類）が5%水準で有意になることから、実験の条件によっては、土壌の種類により窒素の無機化量に差異が生ずるものと推察された。NGUYENら（1981）[6, 7]は炭素分解率と窒素の無機化量の比は培養条件によって異なることを示しているが、今回の実験においては炭素分解率と窒素の無機化量の間には

$Y = 1.259 + 0.104X \quad (r = -0.8122**)$

の回帰式が成立ち、1%水準で有意となった。

第10表．炭素分解率における水準組合せの母平均の差の推定（温度、土壌の種類）

	B_1D_1	B_1D_2	B_2D_1
B_1D_2	5.2675	—	—
B_2D_1	−14.135	−19.403	—
B_2D_2	−16.815	−22.083	−2.6800

L.S.D (5%) = 5.0027

第11表．炭酸分解率における水準組合せの母平均の差の推定（温度、腐熟程度）

	B_1E_1	B_1E_2	B_2E_1
B_1E_2	−17.018	—	—
B_2E_1	−23.453	−6.4350	—
B_2E_2	−29.783	−12.765	−6.3300

L.S.D (5%) = 5.0027

第12表．豚糞堆肥の窒素無機化量の分散分析

要　因	平方和	自由度	平均平方	Fo	寄与率
繰り返し（A）	.00640	1	.00640	0.02	0.0
温　　度（B）	22.043	1	22.043	81.99**	63.5
土壌水分（C）	5.5225	1	5.5225	20.54*	15.2
土壌の種類（D）	1.2321	1	1.2321	4.58	2.8
腐熟程度（E）	.65610	1	.65610	2.44	1.1
B×C	.45600	1	.45600	1.62	0.5
D×E	1.1130	1	1.1130	4.14	2.5
B×D	.53290	1	.53290	1.98	0.8
C×E	0.0992	1	0.0992	0.37	0.0
C×D	.83723	1	.83723	3.11	1.6
B×E	.90250	1	.90250	3.36	10.4
誤　　差	1.0754	4	.26884		
計	34.456	15			

摘　　要

沖縄に産する有機物資材の堆肥化と品質評価の一環としてサトウキビ枯葉、バガス、ススキ、ギンネム、ホテイアオイ、下水汚泥を取り上げ、その成分分析と、細粒黄色土（国頭マージ）と細粒褐色低地土（ジャーガル）中での分解実験を試みた。また、温度（25℃、10℃）、土壌水分（最大容水量の55%、80%）、土壌の種類（細粒黄色土、細粒褐色低地土）、堆肥の腐熟程度（未熟、完熟）が

土壌中での分解率に及ぼす影響を検討するため、豚糞堆肥を供試して、直交表による2水準実験を試みた。

その結果、供試した6種類の有機物資材の内、サトウキビ枯葉、バガス、ススキの全窒素含量は低く、繊維分（ヘミセルロース、セルロース）は高かった（繊維質資材）。また、ホテイアオイと下水汚泥の全窒素含量は高く、繊維分は低い値を示した（窒素質資材）。ギンネムは全窒素含量が高く、セルロースはやや高い値を示し、繊維質資材と窒素質資材の中間に位置した。

各種資材の分解実験の結果、全窒素、熱水可溶物、80%硫酸不溶性窒素化合物の含量の高い資材ほど、炭素分解率が高くなる傾向が認められた。また、C/N、ヘミセルロース、セルロース含量の高い資材ほど炭素分解率は低くなった。しかし、窒素の無機化量は炭素成分にのみ規制され、この二者間には負の相関関係が認められた。分解に際する土壌中の無機態窒素の収支は下水汚泥、ホテイアオイにおいて正で、その他は負となり、これら以外は、堆肥化およびそのまま土壌に施用する場合には窒素源の添加が必要と思われた。

細粒黄色土と細粒褐色低地土における豚糞堆肥の分解実験によって、土壌中での有機物の炭素分解には最も温度が影響することがわかった。また、未熟堆肥の場合も炭素分解率が高くなった。

窒素の無機化には温度が最も大きく寄与し、次に、土壌水分の寄与が大きかった。また、土壌の種類によっても無機化に差があった。

引 用 文 献

1）Akio INOKO (1982) The composting of organic materials and associated maturity problems.
Technical bulletin No. 71 Food&fertilizer technology center.

2）井ノ子昭夫（1982） 有機物資材の品質とその検定法—腐熟度の観点から— 農業及び園芸 57（1）：p 235～242

3）志賀……（1985） 農耕地における土壌有機物変動の予測と有機物施用基準の策定 p 12～49

4）土壌養分測定法委員会編（1970） 土壌養分分析法 p 127～135 p 197～200 養賢堂

5）土壌養分測定委員会編（1985） 土壌標準分析・測定法 p 274～277 博友社

6）NGUYEN, Quan—Lu・大羽 裕（1981） 二酸化炭素発生量からみた畑土壌条件下の下水汚泥の分解（土壌中における下水汚泥の分解 第1報） 土肥誌 52(2)p 132～140

7）NGUYEN, Quan—Lu・大羽 裕（1981） 下水汚泥の有機態窒素の無機化 土肥誌 52(3) p 219～224

8）農林水産省農蚕園芸局農産課（1978） 堆きゅう肥等有機物分析法 p 24～56

9）パソコン統計解析ハンドブック Ⅲ 実験計画法編（1986）p 161～269 田中豊、垂水共之共立出版株式会社

Saowanuch Thawornpruek 1998 : A Comparison on Potential of Sugarcane Growing Soils in Eastern Thailand. Master of Science (Agriculture), Major Field Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor : Associate Professor Anchalee Suddhiprakarn, Ph.D. 178 pages.

A study on comparison on potential of sugarcane growing soils in Eastern Thailand was carried out on representative soils in 10 areas. Pedon analysis in the selected areas, laboratory analyses on their physico-chemical properties, mineralogy, micromorphological characteristics and assessment of their properties related to sugarcane crop requirements were included in the study method.

Results of the study revealed that these soil are Quartzipsamments, Endoaqualfs, Hapludalfs and Paleudults in coastal plain. They are very deep soils developed on mainly local alluvium, semi-recent alluvium and wash deposits derived from granite and gneiss. Their micromorphological characteristics indicate subangular to subrounded quartz grains as major fabric component and with clay coatings in subsoils for some areas. Their texture ranges from sand to clay loam and their bulk density ranges from moderately low to moderately high (1.33-1.82 Mg m^{-3}). Their saturated hydraulic conductivity ranges from slow to very rapid. Chemical analysis of soils indicates their very strong acid to moderately alkaline condition (pH 3.8-7.9). They have very low to medium organic matter content (1.1-15.6 g kg^{-1}), very low total nitrogen (0.01-0.06 g kg^{-1}), very low to very high available phosphorus (1-250 mg kg^{-1}) and low to very low available potassium (1.5-48.1 mg kg^{-1}). The soils have very low to moderately high cations exchange capacity (0.17-16.25 cmol kg^{-1}) with the range of their sum of extractable bases of 0.21-17.77 centimoles per kilogram. Extractable acidity in these soils ranges from very low to moderately high (1-8.7 cmol kg^{-1}) and their base saturation percentage varies (4-84 %). Their electrical conductivity range from 0.03-1.89 decisiemen per meter indicating no salt effect in these soils.

Fertility assessment results indicate that most of these sugarcane growing soils have low fertility except for some of the areas that the soils have moderate fertility status. Their potential based on suitability assessment indicates that most of them are moderately suited and some of them are very well suited for sugarcane. However, some of them that have sandy texture or very strongly acidic condition are not suited for the purpose. A recommended approach to increase their potential for sugarcane growing includes a more intensive soil-fertilizer management with an emphasis on soil organic matter conservation. To maintain effectiveness in sugarcane growing on these soils continuing effort on soil-fertilizer management is clearly needed to sustain and increase their sugarcane production potential.

Saowanuch Thawornpruek　　A. Suddhiprakarn　30/3/98

Student's Signature　　Thesis Advisor's Signature

Properties and Management of Soils in the Tropics

PEDRO A. SANCHEZ

Department of Soil Science
North Carolina State University

A WILEY-INTERSCIENCE PUBLICATION

JOHN WILEY & SONS
New York • Chichester • Brisbane • Toronto • Singapore

and

$$a = bm$$

where C = the percentage of soil organic carbon in equilibrium (tons/ha)
b = the annual amount of fresh organic matter added to the soil (tons/ha)
m = the conversion rate of fresh organic matter into soil organic carbon (percent)
a = the annual addition of soil organic carbon (tons/ha)
k = the annual decomposition rate of soil organic carbon (percent)

The magnitudes of these various parameters can be observed in Table 5.3. The annual addition of fresh organic matter as litter, branches, and dead roots (b) is on the order of 5 tons/ha of dry matter in tropical forests and about 1 ton/ha in temperate forests. The actual ranges in the literature are from 3 to 15 tons/ha in tropical forests and 1 to 8 tons/ha in temperate forests. Tropical savannas add from 0.5 to 1.5 tons/ha; temperate prairies, about 1.5 tons/ha.

An opposite relationship, therefore, exists between tropical and temperate vegetation forms. Tropical udic forests furnish about five times as much raw organic matter to the soil as do their temperate counterparts, mostly in the form of litter in both cases. This difference is due to the faster growth rate of tropical forests. Fresh organic matter additions in grasslands are primarily in the form of root decomposition. Temperate prairies develop more abundant root systems, whereas growth in tropical savannas is often limited by low nutrient availability. Annual burning of savannas further reduces the raw organic matter additions.

The conversion rate (m) of fresh organic matter into soil organic carbon (humus) is on the order of 30 to 50 percent per year. The rates are relatively constant in the different environments. The annual additions of soil organic carbon or humus (a), therefore, are about four times higher in tropical than in temperate forests and are fairly similar in tropical and temperate grasslands.

The annual decomposition rates of soil organic carbon (k) vary considerably. They range from 2 to 5 percent in tropical forests with the exception of the Colombian example, which is very low (0.5 percent) because of the presence of allophane in that particular soil. The k values for temperate forests range from 0.4 to 1 percent, probably as a result of temperature limitations. The decomposition rate of tropical savannas averages 1.2 percent or three times that of temperate prairies.

Differences between tropical and temperate regions are primarily a function of temperate fluctuations. It should be remembered, however, that k rates during the temperate summer may be higher than in tropical regions

Sugarcane Stalk as a Roughage for Dairy Cattle

Tomoyuki KAWASHIMA[1], Witthaya SUMAMAL[2], Pimpaporn PHOLSEN[2], Rumphrai NARMSILEE[2] and Watcharin BOONPAKDEE[2]

[1] National Institute of Livestock and Grassland Science (NILGS)
2 Ikenodai, Tsukuba, Ibaraki 305-0901, Japan
[2] Khon Kaen Animal Nutrition Research Center (KKANRC)
Tha Phra, Khon Kaen 40260, Thailand

Introduction

Due to the economic development in Thailand, the demand for meat and milk has increased. The northeastern region is a center for large ruminant production in the country. Dairy production has been promoted there. Feed shortage especially in the dry season, is a key constraint to the further development of dairy production as well as beef production, which is highly related to the harsh environmental constraints such as the shortage of water, infertile soil, saline soil *etc*. It is necessary, therefore, to exploit locally available feed resources and to establish feeding strategies that match up with the local environment in the region.

The biomass production of natural grass and improved pastures in Northeast Thailand becomes scarce in the dry season. On the other hand, sugarcane is harvested in the dry season. The production of sugarcane in Northeast Thailand increased nearly three times in the 1990s in comparison with the 1980s (Center for Agricultural Statistics, 1995). There may be a high possibility to utilize sugarcane as cattle feed especially in the dry season.

The use of sugarcane as cattle feed has been demonstrated and data on it has been accumulated in other countries, mainly Caribbean countries by the group of Preston (1988). The environment and the varieties of sugarcane grown in Northeast Thailand are different from those countries. A series of trials have been carried out in order to seek a way to utilize sugarcane for cattle feed, which was one of the main subjects under the collaborative research project between the Khon Kaen Animal Nutrition Research Center and JIRCAS. This report aims at reviewing the studies regarding the use of sugarcane as feed for dairy cattle and discussing the problems and possibilities.

Table 1. Relative aerial biomass of sugarcane

	Dry matter (%)	% of total
Stalk	29.5	69.5
Top	36.7	8.2
Trash	91	22.2

Survey was carried out 10-27 January 1995.
Average of 19 sugarcane fields from 6 villages in Khon Kaen (Kawashima et al., 2001)

Relative Aerial Biomass Yield of Sugarcane

The ratio of top, stalk and trash was measured in order to obtain basic data for the utilization of sugarcane as a cattle feed (Kawashima et al., 2001). The relative aerial biomass of sugarcane is shown in Table 1. The data from Natal, Hawaii and Mauritius showed that the percentage dry matter of stalk, top and trash were 56.2-62.4%, 12.6-18.1% and 24.3-25.6%, respectively (Naseeven, 1988). The sugarcane in Khon Kaen is characterized as having a relatively high ratio of stalk, and a very small ratio of top. The ratio was measured right in the middle of the dry season, since the ratio of top would become smaller towards the end of the dry season. And besides, as top is utilized to tie up a bundle of stalk for transportation to the sugar mill, available top remaining in a field is approximately 20% less than this ratio. Therefore, there is not much top remaining in a field, especially at the end of the dry season, when green forage is badly needed. There is much more labor involved to collect top compared to that in other countries. Therefore, the method of top utilization should not be considered to be of the same magnitude as that in other countries.

Table 2. Chemical analysis of sugarcane stalk, top and trash

	CP	EE	NFE	CF	ADF	NDF	Ash
Stalk	1.9 (0.5)	0.5 (0.3)	77.4 (1.2)	18.2 (1.5)	23.2 (2.4)	37.8 (1.9)	1.9 (0.3)
Top	4.4 (0.5)	1.3 (0.2)	54.5 (3.2)	33.6 (2.5)	38.9 (5.9)	74.7 (2.1)	6.2 (1.2)
Trash	2.1 (0.4)	1.7 (0.2)	52.5 (2.1)	37.3 (2.0)	43.4 (1.8)	79.3 (2.0)	6.5 (1.0)

Means (standard deviation) of data is shown for 10 samples.
CP, crude protein; EE, ether extracts; NFE, nitrogen free; CF, crude fiber; ADF, acid detergent fiber; NDF, Neutral detergent fiber
(Kawashima et al., 2001)

The Nutritive Value of Sugarcane

Chemical analysis of sugarcane stalk, top and trash

The samples from ten sugarcane fields where the relative aerial biomass of sugarcane was determined were subjected to chemical analysis (Kawashima et al., 2001). The results are shown in Table 2. Chemical composition of top and trash was similar, although crude protein (CP) and nitrogen free extract (NFE) were higher and crude fiber (CF), acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF) were lower in top than in trash. In the process of withering, CP and NFE were considered to have been lost in trash. The chemical composition of stalk

Table 3. Chemical composition of sugarcane stalk and commercial complete feed

		DM (%)	CP	EE	NFE (%DM)	CF	Ash	GE (MJ/kgDM)
Sugarcane stalk	(Period 1)	32.6	2.3	0.7	80.3	15.4	1.3	16.8
	(Period 2)	32.8	1.4	1.0	79.5	15.5	2.7	17.3
	(Period 3)	32.9	2.2	0.9	77.1	17.3	2.5	17.6
Commercial complete feed		95.3	13.7	5.9	47.5	24.8	8.2	18.9

DM, dry matter; CP, crude protein; EE, ether extracts; CF, crude fiber; NFE, nitrogen free extracts; GE, gross energy
(Kawashima et al., 2002a)

Table 4. DM intake, digestibility, TDN and energy contents of the ration including different levels of sugarcane stalk and commercial complete feed

Treatment	1	2	3	4	S.E.	CSS[2)]
Ratio of CSS (%)	100.0	70.0	40.9	0.0	-	
CP content (%)	2.3	5.1	9.0	13.7	-	
DM intake (kgDM/day)	2.60	3.61	4.19	4.19	-	
Digestibility of DM (%)[1)]	56.7^{ab}	58.2^{a}	54.8^{ab}	52.4^{b}	1.6	60.3
OM	60.5^{a}	60.3^{a}	56.6^{ab}	54.4^{b}	1.5	62.2
CP	0^{d}	27.0^{c}	50.2^{b}	60.9^{a}	2.7	0
EE	19.8^{b}	80.7^{a}	85.5^{a}	87.4^{a}	3.0	64.2
CF	18.7^{c}	31.6^{ab}	28.3^{b}	37.8^{a}	2.4	24.9
NFE	71.0^{a}	69.6^{ab}	66.1^{b}	57.1^{c}	1.4	73.1
TDN content (%)	59.9	60.3	57.4	56.4	1.5	61.5
GE content (MJ/kgDM)	16.8	17.8	18.4	18.9	-	17.3
DE content (MJ/kgDM)	9.43^{a}	10.43^{b}	10.28^{ab}	10.29^{ab}	0.26	10.46
ME content (MJ/kgDM)	7.67^{a}	9.14^{b}	9.40^{b}	9.46^{b}	0.26	9.04

CSS, chopped sugarcane stalk; TDN, total digestible nutrient; DE, digestible energy; ME, metabolizable energy; S.E., standard error of the mean.
[1)] Means of four animals. Means with different superscript letters are significantly different at $p<0.05$.
[2)] Nutrient digestibilities, GE, DE and ME contents in CSS were estimated by extrapolation of the value of treatments 2, 3 and 4.
(Kawashima et al., 2002a)

was characterized as having a higher NFE and lower CP, CF, ADF and NDF.

Stalk would have a high potential to be utilized as roughage for cattle because of its high yield, although CP content was low. Pate and Coleman (1975) have carried out chemical analysis of stalk in 66 varieties of sugarcane. They suggested that the fiber content was negatively related to *in vitro* digestibility and that emphasis should be placed on lower fiber content when selecting a variety for feeding purposes. Chemical analysis in this study showed that the CF, ADF and NDF contents of the sugarcane stalk collected from Khon Kaen Province were even lower than the lowest value among the varieties studied in their report. In this sense, the sugarcane grown in Khon Kaen province would be suitable for feeding purpose.

The metabolizable energy content of sugarcane stalk

A metabolism trial with four Brahman cattle given different levels of chopped sugarcane stalk (CSS) and commercial complete feed (TMR) was carried out in order to determine the nutritive value of CSS for the establishment of a feeding strategy in the dry season in Northeast Thailand (Kawashima et al., 2002a). The chemical composition of sugarcane stalk and TMR is shown in Table 3. The feed consumption, nutrient digestibility and contents of gross energy (GE), digestible energy (DE) and metabolizable energy (ME) are shown in Table 4. The ME content of CSS 100% was significantly lower than the other treatments. The nutrient digestibilities, GE, DE and ME contents of CSS itself were estimated by an extrapolation of data except for that of animals solely given CSS. As the estimated digestibility of CP was negative, these were expressed as 0%. The total digestible nutrient (TDN) content of CSS itself was calculated from these estimated digestibilities. All of the estimated values were higher than the values when CSS was solely given. TDN and ME contents of CSS were 61.5% and 9.04 MJ/kgDM, respectively, if it was properly supplemented with protein sources. The nutritive value of CSS was lower than this, when the animals were given only CSS. This was due to a large loss of energy into urine and methane. The voluntary intake of CSS was not enough to satisfy the energy requirement for maintenance. When CSS is used for cattle feed, it would be required to supplement this with an energy source especially for high performance animals. It was concluded, therefore, that CSS can be used as a roughage for feeding cattle in the dry season with a proper supplement of protein and energy.

Sugarcane stalk as roughage for lactating cows

The use of CSS as a roughage for lactating cows was examined using four lactating Holstein crossbred cows owned by a private dairy farm in Khon Kaen, Thailand, in comparison with rice straw (RS), which is the conventional roughage in the dry season (Kawashima et al., 2002b). Cows were subjected to two dietary treatments: Diet 1) RS with commercial concentrate feed, and Diet 2) CSS and RS with commercial concentrate feed. Each treatment was switched over every 3 weeks. RS and CSS were given *ad libitum*. The amount of concentrate was determined by the experience of the owner of the cows. There was no difference in milk production between the two groups, although the total dry matter intake was less in the cows fed with CSS (Table 5). The Solid-not-fat (SNF) content in milk was significantly higher in the cows given CSS (Table 6). The NEFA contents in blood were significantly lower in the animals given CSS, which suggested that the cows given only RS as roughage would

Table 5. Feed consumption, milk production and body weight change of milking cows given sugarcane stalk or rice straw

Treatment	Rice straw[a]	Sugarcane[b]	S.E.[c]
Consumption of concentrate feed (kgDM/day)	6.56	5.94	0.35
Consumption of rice straw (kgDM/day)	6.83	1.14	0.31
Consumption of sugarcane stalk (kgDM/day)	-	5.22	0.34
Milk production (kg/day)	8.6	9.0	0.3
Body weight change (kg/3 weeks)	5.0	7.0	9.4

[a] Rice straw with commercial concentrate
[b] Chopped sugarcane stalk and rice straw with commercial concentrate
[c] Standard error
(Kawashima et al., 2002b)

Table 6. Milk composition (%) of cows given rice straw or sugarcane stalk

	Rice straw	Sugarcane	S.E.
Fat	3.49	3.50	0.25
Protein	3.42	3.70	0.08
Lactose	4.16	4.17	0.05
Total solid	11.77	12.07	0.29
Solid not fat	8.28	8.57*	0.08

* Significant difference $p<0.05$
(Kawashima et al., 2002b)

be suffering from energy malnutrition. Sutton (1989) suggested that increasing energy intake is the most reliable means of increasing the milk protein concentration. Therefore, it was considered that CSS feeding improved the energy supply and protein metabolism, which resulted in a higher SNF in milk. There were some reports (Obara et al., 1994; Sutoh et al., 1996) suggesting that sucrose supplementation resulted in an improvement in the efficiency of nitrogen retention by the trials with sheep given Lucerne hay as a basal diet. The sugarcane stalk utilized in the present study was already mature and considered to include 40-50% of sucrose on DM basis. Obara et al. (1994) reported that sucrose supplementation resulted in a decrease in the urinary nitrogen excretion rate and therefore an increase in nitrogen retention, which was accompanied with decreases in the ammonia concentration in the rumen and the plasma urea concentration. In this study, a similar trend was found in the ammonia concentration in the rumen and the plasma urea concentration. Therefore, the effect of sucrose on protein metabolism would be another reason for higher SNF. From the nutritional point of view, this study clearly showed that chopped sugarcane stalk could be used as roughage for dairy cows, although the utilization of sugarcane stalk as roughage for dairy cows highly depends on the cost of the sugarcane.

Rumen physiology of cattle given sugarcane stalk

Sugarcane stalk can be used as a roughage for cattle especially in the dry season when other roughage is not available. Although sugarcane stalk has high metabolizable energy content, cattle cannot consume it enough to satisfy their energy requirements. This is considered to be highly related to the very low digestibility of fiber in sugarcane stalk. Rumen physiology was examined in four cattle fitted with rumen fistula given commercial concentrate feed either with CSS or with Ruzi grass hay (Kawashima et al., unpublished). Feeding with CSS decreased the acetate content and increased the propionate and butyrate contents in rumen fluid. Obara and Dellow (1993) and Obara et al. (1994) suggested that the microbial fermentation of sucrose increased production of propionate, which in turn became available for glucose production, thus sparing amino acids for tissue protein utilization and reducing urea excretion. The present study confirmed the change in rumen fermentation of animals given CSS, which contained a large amount of sucrose. Feeding with CSS decreased the acetate content and increased the propionate content in rumen fluid. Consequently, the ratio of acetate to propionate was decreased by feeding sugarcane stalk. These changes in rumen fermentation would be a reason for the higher SNF content in the milk of cows given sugarcane stalk mentioned in the previous section.

The *in sacco* degradability revealed that the potential degradability of sugarcane stalk was only 17%, although the intercept of the degradation curve at time zero was about 42%. This clearly showed that CSS consisted of a water soluble fraction and tough fiber. The degradation rates of both Ruzi grass hay and sugarcane stalk in nylon bags were depressed when the animals were given CSS. It is necessary to establish a feeding system in consideration that the sugar in sugarcane stalk may scarify fiber digestion to some extent.

While the turnover rate of the liquid phase was about 50% higher in the animals given CSS, that of the solid phase was about 40% lower in the animals given CSS. According to Leng and Preston (1988), the fiber of sugarcane is slowly digested and its long retention time in the rumen may represent a constraint in intake through distension of the rumen. This marker trial clearly demonstrated that the rumen turnover rate of the solid phase was slower in the rumen of animals given CSS than Ruzi grass hay. The Ruzi grass hay used in the present study contained a CP of only 4.6% and was not of good quality. Thus, the rumen turnover rate of CSS would be much slower than that of a good quality roughage produced in a temperate zone. On the contrary, the rumen turnover of the liquid phase was faster in the rumen of animals given CSS than Ruzi grass hay. Leng and Preston (1976) reported that the pH of rumen fluid of cattle given sugar-

cane was high and stable in the range of 7.3 to 6.8 with only minor variations. They suggested that this would be a result of high salivary flow rates since cattle were observed to spend a considerable time eating and ruminating. This study also showed that the pH of rumen fluid of the animals given sugarcane stalk was very stable. It was considered that the stability of the pH in the rumen fluid of animals given CSS was supported by a high liquid phase turnover rate in rumen.

Sugarcane would be a promising roughage for ruminants in the tropics especially in the dry season. However, the process of its digestion in the digestive tracts in the animals differs from that for other conventional roughages. It is important, therefore to establish a feeding strategy suitable to the nature of sugarcane stalk to make its utilization more effective. For this purpose, it is necessary to identify a proper supplement in terms of quantity and quality as well as the validity to use CSS together with other roughage.

References

Center for Agricultural Statistics (1995) Agricultural Statistics of Thailand. Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand.

Kawashima, T., Sumamal, W., Pholsen, P., Chaithiang, R. and Boonpakdee, W. (2001) Relative aerial biomass yield and changes in chemical composition after cutting of sugarcane in Northeast Thailand. *JIRCAS Journal* **9**: 47-51.

Kawashima, T., Sumamal, W., Pholsen, P., Chaithiang, R., Boonpakdee, W., Kurihara, M. and Shibata, M. (2002a) Feeding value of sugarcane stalk for cattle. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* **15(1)**: 55-60.

Kawashima, T., Sumamal, W., Pholsen, P., Chaithiang, R. and Boonpakdee, W. (2002b) The use of sugarcane stalk for feeding lactating cows. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* **15(2)**: 205-208.

Leng, L. A. and Preston, T. R. (1976) Sugarcane for cattle production: present constraints, perspectives and research priorities. *Tropical Animal Production* **1(1)**: 1-27.

Leng, R. A. and Preston, T. R. (1988) Constraints of the efficient utilization of sugarcane and its byproducts as diets for production of large ruminants. *In* R. Sansoucy, G. Aarts and T. R. Preston (eds.) Sugarcane as feed. Animal Production and Health Paper No.72. FAO, Rome, Italy: 284-309.

Naseeven, R. (1988) Sugarcane tops as animal feed. *In* R. Sansoucy, G. Aarts and T. R. Preston (eds.) Sugarcane as feed. Animal Production and Health Paper No.72. FAO, Roma, Italy: 106-122.

Obara, Y. and Dellow, D. W. (1993) Effects of intraruminal infusions of urea, sucrose or urea plus sucrose on plasma urea and glucose kinetics in sheep fed chopped lucerne hay. *Journal of Agricultural Sciences* **121**: 125-130.

Obara, Y., Fuse, H., Terada, F., Shibata, M., Kawabata, A., Sutoh, M., Hodate, K. and Matsumoto, M. (1994) Influence of sucrose supplementation on nitrogen kinetics and energy metabolism in sheep fed with Lucerne hay cubes. *Journal of Agricultural Sciences* **123**: 121-127.

Pate, F. M. and Coleman, S. W. (1975) Evaluation of sugarcane varieties as cattle feed. Belle Grade, AREC, Research Report EV-1975-4.

Preston, T. R. (1988) Sugarcane as animal feed: Overview. *In* R. Sansoucy, G. Aarts and T. R. Preston (eds.) Sugarcane as feed. Animal Production and Health Paper No.72. FAO, Rome, Italy: 61-71.

Sutoh, M., Obara, Y. and Miyamoto, S. (1996) The effect of sucrose supplementation on kinetics of nitrogen, ruminal propionate and plasma glucose in sheep. *Journal of Agricultural Sciences* **126**: 99-105.

Sutton, J. D. (1989) Altering milk composition by feeding. *Journal of Dairy Science* **72**: 2801-2814.

Analysis of Hawaii Biomass Energy Resources for Distributed Energy Applications

Prepared for

State of Hawaii
Department of Business, Economic Development and Tourism

by

University of Hawaii
Hawaii Natural Energy Institute
School of Ocean and Earth Sciences and Technology

Scott Q. Turn
Vheissu Keffer
Milton Staackmann

December 2002

Abstract

Distributed energy resources refer to small modular power systems that are employed near the point of electricity consumption. Biomass, a renewable fuel, can be used as the primary energy source for fuel cell, microturbine, and reciprocating engine applications. Of the renewable technologies, biomass is often a least cost alternative. As a fuel, biomass is highly flexible, as it can be used in direct combustion, combined heat and power (CHP) applications or it can be gasified (thermochemically or biologically) to produce a combustible gas that, after appropriate processing, can be used in gas-fuelled conversion technologies.

Samples of bagasse, sugarcane trash, fiber cane, banagrass, macadamia nut shells, hemp, and sewage sludge were collected from across the state and subjected to proximate, heating value, ultimate, and water soluble alkali analyses. In addition, samples of the ash derived from these biomass materials were analyzed for 12 chemical species (Si, Al, Ti, Fe, Ca, Mg, Na, K, P, S, Cl, and C (as CO_2)). Ash deformation temperatures were also measured.

Ash content of plant-derived samples ranged from 0.8% for macadamia nut shells to nearly 16% for fiber cane that had been contaminated with soil. Ash content of sewage sludge samples was higher, ranging from 21.5 to 32% of fuel mass on a dry basis. Fuel heating values were inversely proportional to ash content and varied from 16.8 MJ per kg for fiber cane to 21.1 MJ per kg for macadamia nut shells. With few exceptions, the heating values of the remaining plant-derived samples ranged from 17.5 to 19 MJ per kg. Heating values of sewage sludge samples ranged from 16 to 18 MJ per kg despite high ash content.

Plant derived samples that were actively growing at the time of collection, sugarcane tops, banagrass, and fiber cane, generally possessed higher N concentrations (0.5 to 1%) than macadamia nut shells, processed fuels such as bagasse, and those that were essentially dead at the time of collection such as sugarcane leaves and ground trash. N content for the latter groups were in a range from 0.2 to 0.5% of dry fuel mass. Sewage sludge samples had order of magnitude higher N levels ranging from 5.4 to 6.7% of dry fuel mass. Fuel bound N can contribute to the formation of oxides of nitrogen, criteria pollutants in thermochemical conversion applications.

S levels in plant derived materials were all less than 0.3% on a dry mass basis. Sewage sludge samples were higher, ranging from 0.9 to 1.7%. S can form SO_2, H_2S, and acid gas emissions depending upon the conversion technology employed.

Cl levels in components of sugarcane trash varied from 0.1 to 0.7% of fuel mass with tops generally exhibiting higher concentrations than leaves and ground trash. Banagrass and fiber cane also had Cl concentrations near the top of this range. Bagasse and macadamia nut shells were substantially lower, <0.05%. Cl can react with alkali species and form deposits on heat exchange surfaces, causing corrosion and degrading system performance. HCl formation is also likely. Sewage sludge samples contained less than 0.3% Cl on a dry mass basis.

As indicated by tests for water soluble alkali, K may be expected to play a larger role than Na in contributing to alkali vapor generation under high temperature for the plant derived fuels. Na and K contributions for sewage sludge samples may be expected to be roughly equal.

As evidenced by the elemental ash analyses, plant derived samples that were actively growing at the time of collection, sugarcane tops, banagrass, fiber cane, and hemp possessed higher K concentrations than macadamia nut shells, processed fuels such as bagasse, and those that were essentially dead at the time of collection such as sugarcane leaves and ground trash. Other major constituents of ash included Si and Ca. Fuels that had been exposed to soil contamination also had high levels of Al and Fe. In thermochemical conversion applications, K reacts with S and Cl and serves as a leading contributor to slag formation and ash deposits on heat exchange surfaces. In fluidized bed conversion systems, potassium sulfates and chlorides may induce bed agglomeration and subsequent defluidization.

The ash composition of sewage sludge is marked by high levels of Si, P, and the soil contaminant indicator elements, Al and Fe. The high P levels in sewage sludge ash are unique among the samples analyzed, ranging from 14 to 29% (as P_2O_5).

Ash deformation temperature is an indicator of a fuel's propensity to form slag in thermochemical conversion applications. Sugarcane tops and banagrass generally had the lowest initial ash deformation temperatures (oxidizing environment), ~1000ºC, of the samples analyzed and this is a result of their high K levels. The exception to this was hemp which also contained a substantial amount of K but with an accompanying concentration of Ca that served to elevate the ash melting point to 1284ºC. Initial ash deformation temperatures (oxidizing environment) for the remaining plant-derived fuels and sewage sludge samples that had lower K concentrations ranged from 1100 to 1284ºC. These same trends were also evident for deformation temperature measured in a reducing environment.

Total alkali content on a unit energy basis was calculated for each of the materials. Three samples, macadamia nut shells, clean bagasse, and sewage sludge from the Lihue WWTP were found to have less than 0.17 kg (K_2O+Na_2O) per GJ, an upper limit associated with low risk for fouling and slagging. Bagasse that had been contaminated with soil, sugar cane leaves from varieties 7750 and B52298, and sewage sludge from the Ele'ele WWTP had values in a range from 0.17 to 0.34 kg (K_2O+Na_2O) per GJ and present an increased risk of producing fouling and slagging problems. Values for the remainder of the fuels exceeded the 0.34 kg (K_2O+Na_2O) per GJ limit and can be expected to present nearly certain slagging and fouling risks. Although these limits are derived from operating experience, actual performance can vary depending on the design and operation of the energy conversion device. Testing at the pilot and/or demonstration scale is recommended with new fuels in order to assess their operating characteristics prior to committing to long term fuel supply agreements. Fuel characteristics may be improved prior to use by processing to remove problem elements such K and Cl. Blending high and low alkali fuels to facilitate the use of the high alkali material is also an option.

Using the results of the fuel analyses for several biomass materials and assumed air fuel ratios, chemical equilibrium calculations were performed for representative combustion and gasification conditions over a range of reaction temperatures. The results for concentrations of minor species

in combustion and gasification applications were presented in graphic form. These minor species include those formed by the inorganic fuel constituents that are often important to pollutant emissions, slagging, and ash deposition.

Macadamia nut shells and sugarcane bagasse are currently used in distributed generation applications using conventional combustion-based, steam boiler technology. Potential for using the other biomass materials in DER application depends not only on fuel characteristics as discussed in this paper, but the local, national, and/or international market economics and the policy and regulatory environment.

1. Introduction

Distributed energy resources (DER) refer to a variety of relatively small, modular generating technologies located and operated near the point of power utilization [1]. These technologies include, but are not limited to, fuel cells, microturbines, gas powered reciprocating engines, wind, solar photovoltaic, and geothermal. Although these power sources may be connected to the utility grid, DER installations are more typically connected at the distribution level rather than the transmission level [2]. Biomass, a renewable fuel, can be used as the primary energy source for fuel cell, microturbine, and reciprocating engine applications. Of the renewable technologies, biomass is often a least cost alternative. As a fuel, biomass is highly flexible, as it can be used in direct combustion, combined heat and power (CHP) applications or it can be gasified (thermochemically or biologically) to produce a combustible gas that, after appropriate processing, can be used in gas-fuelled conversion technologies.

There are a wide variety of potential biomass fuels with varying degrees of DER applicability. Fuel availability and price are often factors of primary importance. In addition, the physicochemical characteristics of the fuel must be suitable for the particular energy conversion technology. A baseline of relevant physicochemical data for thermochemical applications may be obtained from a standard battery of fuel analyses. Further analysis may be warranted based upon the results obtained from this initial battery.

A recent study conducted by Turn et al. [3] inventoried biomass resources in the State of Hawaii. Among the materials included in the inventory were swine, dairy, and poultry manure, sugarcane bagasse and trash, pineapple processing waste, macadamia nut shells, municipal solid wastes, food waste from commercial food preparation facilities, sewage sludge, and fat, oil and grease wastes from food preparation activities. Samples of selected materials – bagasse, sugarcane trash, macadamia nut shells, and sewage sludge– were collected and analyzed. Samples of two crops under consideration for use as dedicated fiber sources, sun hemp and banagrass, were also analyzed. These analyses are the focus of this study.

Bagasse is the fibrous plant material remaining after sugar extraction has been completed in commercial milling operations. Sugarcane trash is a collective term that includes (1) dead leaves attached to the plant at harvest, (2) the top or growing point portion of the plant, and (3) detritus accumulated in the field over the period of the plant's growing cycle. This last quantity is commonly called ground trash. Steam based power plants are typically located adjacent to sugar factories and use bagasse as fuel to satisfy process heat demand, provide motive power, and generate electricity required in sugarcane production and processing. During the cane grinding season, sugar factories are commonly energy self sufficient and frequently export excess power to the utility grid. At present, sugarcane trash is not used for power production but is instead open burned in the field prior to harvest in order to reduce the volume of material transported to, and processed by, the factory. In Hawaii and in many parts of the world, this practice faces an uncertain future due to its impacts on the environment and population centers that have developed in cane growing areas. Recovery and utilization of the cane trash resource has become an area of increasing interest by sugar producers in the state.

Macadamia nut shells are generated from macadamia nut processing operations. Shells are commonly burned to generate steam for use as process heat in nut drying operations and for power generation if the processing facility is sufficiently large to warrant the investment.

Sewage sludge or biosolids are generated from waste water treatment plants. Sludge is often stabilized using anaerobic digestion and then dewatered prior to final disposal at landfills or as an ingredient in compost production. Both the methane rich gas from the anaerobic digester and the sewage sludge stream present opportunities for energy generation.

Results of the analyses of the biomass resources identified above are the focus of this report. The analytical results provide a common quantitative basis for comparison of different fuels, information necessary for determining the suitability of utilizing a given fuel in a particular application, and data required for energy conversion facility design. Equilibrium calculations using the results of the fuel analyses were performed for conditions representative of combustion and gasification technologies.

2. Materials and Methods

Samples of bagasse, sugarcane trash, macadamia nut shells, sewage sludge, hemp, and banagrass were collected and analyzed as described below.

2.1 Sample Description

2.1.1 Bagasse and sugarcane trash

Sugarcane and bagasse samples were obtained from the Hawaiian Commercial & Sugar Co. (HC&S) plantation on Maui. Bagasse samples were collected from milling operations at the Puunene sugar factory on Maui and sugarcane trash was collected from commercial plantings and experimental plots.

Bagasse samples were collected on two occasions and the material that the samples were drawn from had different histories. Bagasse and coal cofiring tests were conducted in January of 2002. The bagasse used in these tests was stored in open piles on bare soil for roughly one month prior to the tests. For testing, bagasse was recovered from the storage yard using a payloader and returned to the power plant. Storage deterioration and incorporation of extraneous material during handling were likely to have occurred. Samples were obtained as the bagasse was conveyed back to the boiler for use in the cofiring tests. This material is identified in subsequent discussion as Bagasse (01/02 Cofiring Tests).

Fiber cane was also used in the cofiring tests. Sugarcane variety B52298 exhibits higher fiber content than varieties currently used by HC&S for commercial sugar production. B52298 was selected as a fiber cane cultivar for use in the cofiring tests. Roughly 20 acres of fiber cane were planted by HC&S and subsequently harvested in December, 2001. The fiber cane was spread on an abandoned air strip to dry prior to the cofiring tests. Unseasonable weather resulted in the material being rained on several times during the weeks prior to the tests. It was recovered with a payloader and trucked to the bagasse storage house. Samples were obtained from the trucks

prior to unloading. Deterioration due to extended periods at high moisture and incorporation of extraneous material during handling were likely to have occurred. This material is identified in subsequent discussion as Fiber Cane (01/02 Cofiring Tests).

A second bagasse lot was obtained from HC&S for experimental gasification tests conducted at the University of Hawaii (UH). This material was loaded into super sacks in the bagasse house adjacent to the Puunene sugar factory. Bagasse is transported to the bagasse house from the sugar factor by conveyor with little, if any, opportunity for the material to be contaminated. The super sacks were shipped to Oahu via Young Brothers and the bagasse was dried in a forced-draft, ambient-air, bin dryer at UH. The dried fuel lot was sampled. This material is identified in subsequent discussion as Clean Bagasse (02/03 PSI Tests). This label refers to the gasifier tests that were conducted using the bagasse as fuel.

Samples of trash from five varieties of sugarcane were collected from plantings at HC&S. Trash was separated into three components; (1) *leaves*: dead leaves attached to the plant at harvest, (2) *tops*: the top or growing point portion of the plant, and (3) *ground trash*: detritus accumulated in the field over the period of the crop's growing cycle. In some cases ground trash samples were not collected and only leaves and tops were analyzed. Samples were chopped using a forage chopper and air dried. Several of the samples were further reduced in particle size using a Wiley mill equipped with 0.125 inch screen prior to analysis. In the following discussion, trash samples are identified by their HC&S variety number; i.e. 7750, B52298, 3567, 7052, or 4153, and the plant component, tops, leaves, or ground trash. Varieties have generally been selected based on their demonstrated potential for sugar production as well as favorable agronomic characteristics.

2.1.2 Macadamia nut shells

Samples of macadamia nut shell were collected from the Mauna Loa Macadamia Nut Corporation processing facility in Kea'au. Mauna Loa burns the shells to raise steam for drying and electricity generation. Samples were obtained from the fuel conveyor leading to the boiler.

2.1.3 Sewage sludge/biosolids

Sewage sludge samples were collected from the Kahului waste water treatment plant (WWTP) on Maui and four WWTP's on Kauai, Ele'ele, Waimea, Lihue, and Wailua. All of these facilities are operated by their respective counties. Samples were taken to UH and dried at 103ºC for 24 hours prior to shipment for analysis.

2.1.4 Potential fiber crops

Hemp and banagrass have been considered as potential fiber crops for use in dedicated feedstock supply systems. Both have been cultivated in experimental plots to establish cultural practices and obtain yield data. Samples of hemp were obtained from experimental plots at HC&S.

Production of banagrass progressed beyond the experimental stage in mid 1990's. A 20 acre demonstration plot was planted on Molokai and the Dole Food Company planted more than a

thousand acres on Oahu for use as boiler fuel. Both efforts have since been terminated. Early experimental plantings were conducted by the former Hawaiian Sugar Planters' Association. This organization has since become the Hawaii Agriculture Research Center (HARC) and HARC currently uses banagrass as windbreaks throughout the fields at their Kunia farm. Banagrass was obtained from HARC's windbreaks and chipped by a local tree pruning company. The chipped material was dried in a forced-draft, ambient-air, bin dryer at UH. Samples for analysis were obtained from the dried fuel lot. This material is identified in subsequent discussion as Banagrass (02/03 PSI Tests). This label refers to gasifier tests that were conducted using this banagrass lot as fuel.

2.2 Analytical Methods

Samples of the biomass materials described above were subjected to proximate, ultimate, Cl, heating value, and water soluble alkali analyses. Major ash species (Si, Al, Ti, Fe, Ca, Mg, Na, K, P, S, Cl, and C as CO_2) and ash deformation characteristics in oxidizing and reducing atmospheres were also determined. These analyses were performed by Hazen Research, Inc., Golden, CO.

3. Results

3.1 Fuel analyses

Results of the analyses described above are presented in Table 1-A through 1-C. Characteristics of the different materials are discussed below.

3.1.1 Sugarcane Trash

Results of the proximate analyses indicate that the components of sugarcane trash generally have ash contents in the range of 6 to 10%. No particular component exhibits consistently high or low ash values across the different varieties analyzed. Conversely, no particular variety exhibits consistently high or low ash values across its various components. Similar trends are observed for the volatile matter content, with values ranging from 74 to 80%. Fixed carbon values ranged from 12 to 17% and tops consistently had 1.5 to 5% (absolute) higher fixed carbon content than the leaves. Reasons for this difference are not apparent.

Heating values for the sugarcane trash components ranged from 17.7 to 18.9 MJ per kg with the lower values generally associated with samples containing higher ash content.

Results of the ultimate analyses reveal that N, S, and Cl are generally present in the components of sugarcane trash at levels generally less than 1%. N levels are in the upper part of this range (0.7 to 1%) in tops and in a range of 0.2 to 0.5% for leaves and ground trash. The higher N content in the tops is consistent with active growth and the reduced levels of the other components can be attributed to N recovery by the plant at the time of leaf senescence.

S and Cl concentrations in the tops, leaves, and ground trash were consistently in the range from 0.1 to 0.3% and 0.1 to 0.7%, respectively, with no distinct concentration patterns evident between varieties or trash component.

Results of the analysis of the ash components of sugarcane trash show higher concentrations of K, P, and Cl in the tops compared to the other two components. The only exception to this is the P concentration in the ground trash of variety 3567 which is higher than that found in both the tops and the leaves. Unlike 3567, the P concentrations in ground trash and leaves from variety 4153 are comparable. A possible explanation of this inconsistency may be sample contamination. Higher K concentrations in the tops are consistent with what would be expected in actively growing plants. Lower concentrations in the leaves and ground trash may be due to nutrient translocation by the plant during leaf senescence and leaching that can occur from contact with rainfall or other water sources.

Greater concentrations of K, P, and Cl in samples of tops are offset by lower concentrations of Si and Al. Al is often present in plant material analyses due to surface contamination with soil although this is normally accompanied by elevated levels of soil Fe as well. Leaf and ground trash components did not contain higher Fe concentrations compared to the tops.

Water soluble alkali measurements provide an indicator of the amount of K and Na present in a fuel sample that may be expected to volatilize during combustion. As shown in the ash analysis, K is present in greater abundance than Na in all components of the sugarcane trash, consistently by an order of magnitude. K present in the tops is consistently more water soluble than that present in the leaves and ground trash and thus would be expected to contribute vapor phase alkali in combustion products more readily. Vapor phase alkali sulfates and chlorides can contribute to fouling of heat exchange surfaces when they condense, forming deposits.

Ash deformation temperatures indicate the range over which ash may be expected to melt and form slag. Data for oxidizing and reducing environments relate to combustion and gasification applications, respectively. Ash deformation temperatures measured for the components of sugarcane trash generally show a minimum difference in initial deformation temperatures in an oxidizing environment of 100ºC between values for tops and those for leaves and ground trash. Initial deformation temperatures for tops in an oxidizing environment are in a range from 1030 to 1100ºC and similar data for leaves and tops fall in a range from 1130 to 1240ºC. Greater differences between deformation temperatures for tops vs. leaves and ground trash were found for reducing environment data, with the later two components having temperatures 150 to 250ºC higher than those determined for tops.

Table 1-A. Analyses of biomass materials found in the State of Hawaii.

Material	Sugar Cane											
Variety	7750		B52298		3567			7052		4153		
Plant Component	tops	leaves	tops	leaves	tops	leaves	ground trash	tops	leaves	tops	leaves	ground trash
Proximate Analysis												
Moisture	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ash	6.67	7.61	9.10	8.72	6.40	5.83	6.13	7.31	9.66	6.82	9.52	10.21
Volatile	75.95	77.75	73.61	79.12	77.41	79.59	78.36	76.47	75.75	76.82	76.55	75.59
Fixed C	17.38	14.64	17.29	12.16	16.19	14.58	15.51	16.22	14.59	16.36	13.93	14.2
Heating Value												
BTU/lb	8101	7721	7971	7816	8140	7920	7900	7988	7622	7911	7660	7590
MJ/kg	18.8	18.0	18.5	18.2	18.9	18.43	18.38	18.6	17.7	18.4	17.82	17.66
Ultimate Analysis												
Moisture	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	47.10	46.26	46.36	46.31	48.53	48.32	48.58	48.31	46.84	47.39	46.94	45.37
H	4.64	5.53	4.38	4.94	5.20	5.38	5.46	5.35	5.23	5.26	5.23	5.09
N	0.67	0.26	0.90	0.22	0.91	0.46	0.49	1.02	0.40	0.84	0.46	0.4
S	0.12	0.12	0.17	0.13	0.14	0.12	0.13	0.21	0.28	0.18	0.23	0.2
Ash	6.67	7.61	9.10	8.55	6.40	5.83	6.13	7.31	9.66	6.82	9.52	10.21
O (by diff)	41.79	40.26	39.74	40.04	38.84	39.75	39.07	37.83	37.44	39.55	37.58	38.69
Cl	0.74	0.37	0.30	0.11	0.56	0.48	0.33	0.57	0.47	0.57	0.65	0.24
Water Soluble Alkali (%)												
Na_2O	0.027	0.026	0.021	0.030	0.018	0.016	0.017	0.047	0.028	0.050	0.037	0.031
K_2O	1.971	0.707	1.852	0.350	1.828	0.802	0.675	2.106	1.204	1.864	1.226	0.491

Table 1-A (continued). Analyses of biomass materials found in the State of Hawaii.

Material	Sugar Cane											
Variety	7750		B52298		3567			7052		4153		
Plant Component	tops	leaves	tops	leaves	tops	leaves	ground trash	tops	leaves	tops	leaves	ground trash
Elemental Analysis of Ash												
SiO_2	38.32	75.07	53.37	74.54	36.63	50.11	57.5	47.31	69.87	44.25	64.70	69.04
Al_2O_3	4.26	5.31	2.76	4.92	3.76	7.65	4.45	2.66	3.49	1.46	2.43	4.54
TiO_2	0.41	0.37	0.14	0.40	0.54	1.00	1.04	0.46	0.41	0.35	0.18	0.78
Fe_2O_3	3.92	1.78	2.39	1.61	2.12	4.24	1.33	2.17	2.10	1.44	1.39	3.02
CaO	5.80	5.81	8.09	8.51	8.29	9.12	11.00	2.56	2.82	4.76	4.60	6.49
MgO	2.68	2.79	2.94	3.22	3.99	5.33	5.11	3.49	3.66	3.18	3.63	3.56
Na_2O	0.56	0.50	0.55	0.49	1.14	0.62	0.71	1.42	0.80	1.12	0.56	0.51
K_2O	29.20	7.73	20.30	4.18	28.80	13.1	9.94	27.00	11.30	26.60	13.6	5.60
P_2O_5	3.45	0.88	3.80	0.48	4.63	1.17	6.21	1.76	0.94	8.22	0.99	1.11
SO_3	1.19	2.04	1.91	1.11	2.93	2.04	2.16	2.63	3.24	2.47	2.76	2.34
Cl	11.00	0.47	2.93	0.37	7.58	4.87	2.10	7.10	1.91	7.80	5.19	0.70
CO_2	0.46	0.08	0.30	0.43	0.89	0.77	0.68	0.42	0.20	0.77	0.37	1.34
Ash Fusion Temperature (°C), Oxidizing Atmosphere												
Initial	1108	1237	1031	1235	1066	1169	1187	1074	1132	1031	1177	1202
Softening	1160	1322	1085	1320	1109	1242	1259	1127	1333	1108	1300	1256
Hemispherical	1228	1381	1162	1349	1150	1248	1281	1181	1373	1229	1332	1307
Fluid	1289	1413	1266	1409	1207	1263	1307	1241	1428	1266	1387	1392
Ash Fusion Temperature (°C), Reducing Atmosphere												
Initial	1046	1197	994	1238	1027	1230	1271	1039	1303	976	1217	1249
Softening	1085	1298	1061	1389	1074	1243	1278	1076	1359	1029	1407	1299
Hemispherical	1128	1318	1113	1408	1121	1274	1297	1109	1399	1097	1423	1318
Fluid	1158	1383	1230	1441	1196	1329	1367	1217	1410	1274	1441	1363

Table 1-B. Analyses of biomass materials found in the State of Hawaii.

			01/02 Cofiring Tests		02/03 PSI Tests	
Material	Hemp	Macadamia Nut Shells	Fiber Cane[1]	Bagasse[2]	Banagrass[3]	Clean Bagasse[3]
Proximate Analysis						
Moisture	0	0	0.00	0.00	0	0
Ash	4.06	0.82	15.68	12.38	6.86	2.49
Volatile	79.22	81.73	71.61	77.36	76.26	84.42
Fixed C	16.72	17.45	12.72	10.26	16.88	13.10
Heating Value						
BTU/lb	7889	9084	7220	7269	7977	8146
MJ/kg	18.4	21.1	16.8	16.9	18.6	18.9
Ultimate Analysis						
Moisture	0	0	0	0	0	
C	47.88	54.99	44.50	45.45	47.85	50.00
H	5.53	5.98	5.18	5.26	5.02	5.55
N	0.43	0.38	0.51	0.23	0.64	0.17
S	0.07	0.05	0.16	0.05	0.10	0.065
Ash	4.06	0.82	15.68	12.38	6.86	2.49
O (by diff)	42.38	37.83	33.84	36.65	39.52	41.71
Cl	0.22	0.02	0.43	0.04	0.70	0.04
Water Soluble Alkali (%)						
Na_2O	0.420	0.004	0.021	0.017	0.097	0.022
K_2O	1.262	0.107	0.998	0.131	1.861	0.165

[1] Average of 3 samples
[2] Average of 4 samples
[3] Average of 2 samples

Table 1-B (continued). Analyses of biomass materials found in the State of Hawaii.

			01/02 Cofiring Tests		02/03 PSI Tests	
Sample ID	Hemp	Macadamia Nut Shell	Fiber Cane[1]	Bagasse[2]	Banagrass[3]	Clean Bagasse[3]
Elemental Analysis of Ash						
SiO_2	22.69	25.38	47.26	45.90	46.83	46.39
Al_2O_3	11.80	7.41	12.83	20.56	1.06	17.48
TiO_2	1.13	0.39	2.67	3.77	0.08	3.02
Fe_2O_3	5.76	3.73	10.64	15.45	0.92	12.61
CaO	11.10	13.00	6.80	4.32	4.10	3.84
MgO	3.86	6.80	4.23	3.22	6.21	3.56
Na_2O	1.93	2.16	1.76	0.96	1.85	1.53
K_2O	30.70	24.60	7.29	1.68	27.25	7.61
P_2O_5	1.23	3.33	1.25	0.89	4.11	2.11
SO_3	0.76	4.63	1.48	0.41	0.67	1.14
Cl	4.23	0.04	1.49	0.00	9.70	0.03
CO_2	5.15	6.98	0.21	0.13	0.08	0.13
Ash Fusion Temperature (°C), Oxidizing Atmosphere						
Initial	1284	1161	1163	1237	997	1178
Softening	1292	1180	1176	1262	1099	1201
Hemispherical	1304	1189	1200	1279	1155	1231
Fluid	1358	1204	1226	1304	1196	1274
Ash Fusion Temperature (°C), Reducing Atmosphere						
Initial	1231	1309	1113	1104	977	1111
Softening	1242	1312	1130	1147	1043	1129
Hemispherical	1248	1314	1142	1179	1146	1134
Fluid	1321	1317	1162	1209	1220	1141

[1] Average of 3 samples
[2] Average of 4 samples
[3] Average of 2 samples

Table 1-C. Analysis of sludge from Maui and Kauai waste water treatment plants.

Island	Kauai	Kauai	Kauai	Kauai	Maui
Waste Water Treatment Plant	Ele'ele	Lihue	Wailua	Waimea	Kahului
Sample ID	Sludge	Sludge	Sludge	Sludge	Sludge
Proximate Analysis					
Moisture	0	0	0	0	0
Ash	21.58	25.33	25.13	32.00	24.48
Volatile	66.77	67.03	68.42	60.75	68.38
Fixed C	11.65	7.64	6.45	7.25	7.14
Heating Value					
BTU/lb	7532	7816	7251	6880	7595
MJ/kg	17.52	18.18	16.87	16.01	17.67
Ultimate Analysis					
Moisture	0	0	0	0	0
C	43.13	43.8	41.85	39.19	43.79
H	5.62	5.93	5.29	5.22	5.91
N	6.30	6.10	6.32	5.39	6.71
S	1.08	1.76	0.94	1.21	0.88
Ash	21.58	25.33	25.13	32.00	24.48
O (by diff)	22.10	19.43	21.75	17.57	18.82
Cl	0.31	0.08	0.12	0.23	0.15
Water Soluble Alkali (%)					
Na_2O	0.197	0.077	0.317	0.172	0.228
K_2O	0.085	0.069	0.237	0.193	0.268
Elemental Analysis of Ash					
SiO_2	29.92	26.17	27.24	34.77	33.65
Al_2O_3	23.14	19.53	13.46	14.70	18.23
TiO_2	2.29	2.42	1.31	2.31	2.17
Fe_2O_3	8.21	9.45	6.07	8.96	8.36
CaO	2.40	12.10	20.60	11.70	11.30
MgO	2.09	1.71	5.94	3.72	3.67
Na_2O	1.33	0.53	1.54	0.82	1.37
K_2O	0.96	0.64	1.31	1.19	1.71
P_2O_5	29.24	18.43	14.30	20.64	19.62
SO_3	0.31	5.51	3.06	1.44	1.73
Cl	0.01	0.00	0.17	0.02	0.11
CO_2	0.04	0.28	1.61	0.15	0.15
Ash Fusion Temperature (ºC), Oxidizing Atmosphere					
Initial	1252	1098	1196	1118	1117
Softening	1366	1123	1213	1160	1145
Hemispherical	1391	1134	1239	1169	1179
Fluid	1420	1142	1248	1197	1182
Ash Fusion Temperature (ºC), Reducing Atmosphere					
Initial	1259	1098	1181	1114	1097
Softening	1306	1111	1193	1168	1150
Hemispherical	1321	1112	1199	1182	1169
Fluid	1349	1113	1210	1221	1177

タイの祝祭日

1月1日……元旦
2月中旬から下旬 ……万仏祭※
4月6日……チャクリー記念日
4月13日 ……ソンクラーン
4月14日～15日 ……ソンクラーン休暇
5月5日……戴冠記念日
5月9日……農耕祭
5月中旬 ……仏誕祭※
7月下旬 ……三宝祭※
7月下旬 ……入安居※
8月12日 ……王妃誕生日
10月23日…チュラロンコーン大王記念日
12月5日 ……国王誕生日
12月10日……憲法記念日
12月31日……大晦日
※は移動祝祭日のため年によって変動。

<<計画概要>>

Trashの畑での集荷

a) メカニカルハーベスター後部に排出されるTrashを専用容器で受けて輸送用車両に供給します。
b) Trash受け容器はハイリフトホークリフトに載せて、ハーベスターを追走します。（追走可能な土壌状態、ハーベスター機能とします。）輸送車両への供給は容器底部を開放（手動）して排出します。
a) この設備はメカニカルハーベスター１台に２台用意し、容器が Trash で満たされた時に交代します。

Trashの工場での受入

a) Trash 輸送用車両が Trash で満たされたら工場に輸送します。
b) 工場ではベルトフィーダーに車両を横付けし、人力でフィーダーに移し替えます。このとき、フィーダーは停止して行います。（安全対策と後工程への定量供給性の向上の為。）
c) このため、Trash 受入ホッパー抜き出しコンベアには両サイドにベルトフィーダーが設置されます。
d) １台の Trash 輸送トラックが４トンづつ搬入すれば、１台のフィーダーでは２．２台／時間程度で処理すれば良い事になります。

Trashの工場内搬送と貯蔵

a) ベルトフィーダーに載せられた Trash はフィーダーから Trash 受入ホッパー抜き出しコンベアに供給されます。両コンベアの速度比は１（フィーダー）：（２５－３０）程度とし、Trash 受入ホッパー抜き出しコンベアではサイドカバーが無くても良い層厚さとします。フィーダーからは塊で供給されるので、速度差だけでは層高調整が難しい為、Trash 受入ホッパー抜き出しコンベアへの供給部にホッパーを設備し、出口部に回転式レベラーを用意します。
b) ２本の Trash 受入ホッパー抜き出しコンベアで運ばれた Trash は中央部のベルトコンベアに移送され貯蔵室に運ばれます。全ての Trash は一旦貯蔵室に貯められてからボイラーに供給されます。この目的は Trash の畑からの輸送、工場受入設備からの搬送を均一に近づける事が難しい事と先入れ先出しの考え方を考慮しました。
c) Trash の貯蔵はコンクリート製倉庫（上部は鋼製）に行います。倉庫上部に設置するベルトコンベアには Tripper を用意し、Tripper 位置を前後に移動する事により、ほぼ倉庫全体に Trash を貯蔵する。倉庫上部のコンベアは屋根から吊り下げ型のサポートフレームに設置します。
d) このコンベアには Tripper が設備されるので、歩廊は Tripper 排出ダクトの外側となります。（歩廊とコンベアの間に Tripper からの排出ダクトが稼働可能としております。）

Trashのボイラーへの供給

a) Trash 貯蔵室に貯えた Trash は Payloader/Shovel Car で取り出して貯蔵室前部床下に設備するベルトコンベアに供給します。ベルトコンベアへの供給は床に用意する落とし口から行われます。
b) ボイラーへの Trash 供給はボイラーでの消費量の１２０～１３０％量で供給し常に一部は余剰として再び貯蔵室に戻る様にします。

ボイラー設備

a) ボイラーの蒸気発生量（ＭＣＲ）は６０トン／時間。
b) 蒸気条件：圧力　３３bar G、蒸気温度　４２５℃。
c) 発生蒸気はアルコールプラントへの供給分、ブローダウン並びにドレンとして排出する分以外は凝縮してボイラー水として循環使用します。
d) アルコールプラントへの供給蒸気は IDF（誘因ファン）の排蒸気を使用します。
e) 供給された井戸水をボイラー用水にする純水設備は上記の系外に出る量を補給出来る容量があるものとします。
f) 排煙は電気集塵機で煤煙除去後に大気放出とします。
g) 高圧蒸気の安全弁からの蒸気の大気放出部にはサイレンサーを設置して減音を計ります。
h) 純水設備からの洗浄液、ボイラーブローダウン水は排水処理設備で処理してから排水します。
i) ボイラー設備のコントロールルームは運転監視、操作エリア近辺に設置します。

発電設備

a) 発電量は最大９．９５MW。
b) 発電圧は６．６ＫＶ。（５０Ｈｚ、３相）。
c) タービンの排蒸気は凝縮設備で凝縮後にボイラー水として、循環使用します。
d) タービン出口蒸気圧は０．１bar A.
e) 発電設備は EGAT ラインへの接続設備と共に同一建屋に設置予定。
f) 発電設備のコントロール設備は同一建屋内に用意します。
g) 発電機／タービンの上部には天井クレーン（上下動のみ電動、前後左右は手動）を用意する。

EGATラインへの接続設備

a) ステップアップトランス（２２ＫＶ）。
b) 電力自己消費用ステップダウントランス（３８０Ｖ）。
c) 高圧受電設備。
d) 低圧動力盤

<<建屋>>

建屋は下記条件に基づいて計画致しました。

・燃焼原料への防雨(含水率維持)／防風(飛散防止)用建屋：居住性要求無し(内装無し)
・機械設備保護／運転操作用建屋　　：居住性要求無し(内装無し)
・工場管理用建屋　　：居住性は必要最小限の範囲で検討

建屋仕様一覧（(*)印は表下部に備考有り）

GIｼｰﾄ：Galvanized Iron Sheet(亜鉛メッキ波板)

No	名称	屋根	壁	床	ドア／窓	備　考
①(*)	Trash受入建屋	GIｼｰﾄ	腰壁：ｺﾝｸﾘｰﾄﾌﾞﾛｯｸ 壁：GIｼｰﾄ	ｺﾝｸﾘｰﾄ金ｺﾞﾃ	ー	歩廊(ｺﾝﾍﾞｱ片側) 内装無し
②(*)	Trash集荷ｺﾝﾍﾞｱ用建屋	GIｼｰﾄ	腰壁：ｺﾝｸﾘｰﾄﾌﾞﾛｯｸ 壁：GIｼｰﾄ	ｴｷｽﾊﾟﾝﾄﾞﾒﾀﾙ	開放型	内装無し
③(*)	ﾎﾞｲﾗｰｺﾝﾄﾛｰﾙ用建屋	GIｼｰﾄ	無し	ｴｷｽﾊﾟﾝﾄﾞﾒﾀﾙ	ー	ﾎﾞｲﾗｰ前部に設置
③'	ｺﾝﾄﾛｰﾙ室	ー	合板	ﾁｪｯｶｰﾌﾟﾚｰﾄ	ｱﾙﾐﾌﾚｰﾑ製	簡易内装、ｴｱｺﾝ、操作管理用ﾊﾟﾈﾙ
④	No.2 Trashﾎﾞｲﾗｰｴﾘｱ供給ｺﾝﾍﾞｱ用建屋	GIｼｰﾄ	GIｼｰﾄ	ｴｷｽﾊﾟﾝﾄﾞﾒﾀﾙ	開放型	内装無し
⑤(*)	No.2 Trashﾎﾞｲﾗｰｴﾘｱ供給ｺﾝﾍﾞｱ用建屋	GIｼｰﾄ	腰壁：ｺﾝｸﾘｰﾄﾌﾞﾛｯｸ 壁：GIｼｰﾄ	ｴｷｽﾊﾟﾝﾄﾞﾒﾀﾙ(一部ｺﾝｸﾘｰﾄ)	開放型	歩廊(ｺﾝﾍﾞｱ片側)
⑥(*)	Trash貯蔵室	GIｼｰﾄ	ｺﾝｸﾘｰﾄ 上部GIｼｰﾄ	ｺﾝｸﾘｰﾄ金ｺﾞﾃ	大型ﾄﾞｱ(重機出入可能)	Tripper付ｺﾝﾍﾞｱ
⑦	Trash抜出ｺﾝﾍﾞｱ用建屋	GIｼｰﾄ	腰壁：ｺﾝｸﾘｰﾄﾌﾞﾛｯｸ 壁：GIｼｰﾄ	ｺﾝｸﾘｰﾄ金ｺﾞﾃ	開放型	ﾍﾟｲﾛｰﾀﾞ稼働ｴﾘｱ
⑧(*)	発電室	GIｼｰﾄ	腰壁：ｺﾝｸﾘｰﾄﾌﾞﾛｯｸ 壁：GIｼｰﾄ	ｺﾝｸﾘｰﾄ金ｺﾞﾃ	大型ﾄﾞｱ(ﾄﾗｯｸ出入可能)	金網製ﾌｪﾝｽ(ﾄﾗﾝｽ部周囲) EGATﾗｲﾝへの接続設備、所内消費電源設備
⑧'	ﾊﾟﾈﾙ室	ー	合板	ｺﾝｸﾘｰﾄ金ｺﾞﾃ	ｱﾙﾐﾌﾚｰﾑ製	簡易内装、ｴｱｺﾝ
⑨(*)	SPC事務所	ｽﾚｰﾄ波板	腰壁：ｺﾝｸﾘｰﾄﾌﾞﾛｯｸ+化粧ﾓﾙﾀﾙ	ｺﾝｸﾘｰﾄ+Pﾀｲﾙ	ｱﾙﾐﾌﾚｰﾑ製 片側には防虫用網戸	ｳｲﾝﾄﾞﾀｲﾌﾟｴｱｺﾝ、簡易ｷｯﾁﾝ
⑩	従業員用共同ﾄｲﾚ	GIｼｰﾄ	ｺﾝｸﾘｰﾄﾌﾞﾛｯｸ	ｺﾝｸﾘｰﾄ金ｺﾞﾃ	ｱﾙﾐﾌﾚｰﾑ製	浄化槽付き水洗ﾄｲﾚ（女性用―３室、男性用―３室＋５小用器）
⑪	計量室	ｽﾚｰﾄ波板	ｺﾝｸﾘｰﾄﾌﾞﾛｯｸ	ｺﾝｸﾘｰﾄ金ｺﾞﾃ	ｱﾙﾐﾌﾚｰﾑ製	ｴｱｺﾝ、ﾄﾗｯｸｽｹｰﾙ計量記録設備
⑫	守衛詰所 ２ヶ所	ｽﾚｰﾄ波板	ｺﾝｸﾘｰﾄﾌﾞﾛｯｸ	ｺﾝｸﾘｰﾄ金ｺﾞﾃ	ｱﾙﾐﾌﾚｰﾑ製	ー

(*)備考

①：トラック通路部、コンベア通過部以外は腰壁１ｍ、柱はコンクリートとする。

②：コンクリートブロック腰壁は建屋が地上部からの部分のみ設置。

③：一部にコントロール室を用意。

⑤：コンクリートブロック腰壁は建屋が地上部からの部分のみ設置。

⑥：外壁：Trash の圧（＋重機の押し圧）に耐える構造。
内壁：Trashの圧を逃がす為に下部は開放して隣室との間にはコンクリート製柱のみ。
・但し、柱の４角には鉄製のアングルを埋め込み重機による破損を最小限に抑える構造。
・Tripper付きコンベアのサポートは屋根構造部材から取られる構造。
・雰囲気が悪い事想定し、電気設備は防塵、防爆タイプを採用。

⑧：タービン／発電機はコンクリート製高架基礎に据付。それらの上部にはメンテ用クレーン設置。
発電設備据付高架基礎レベル延長に２階床が作られ、その１部はパネルルームを用意。

⑨：木造平屋。机、椅子、キャビネ、通信設備、等は弊社範囲外。

バイオマス発電設備　新設工事

EQUIPMENT LIST

ITEM NO.	EQUIPMENT NAME	TYPE	SIZE	CAPACITY (有効)	MOTOR (kw)	Q'TY	REMARKS
W-101/2	ﾄﾗｯｸｽｹｰﾙ	ロードセル地上置き	3,000W×12,000L	20ton	ー	2	
T-101/2	Trash受入ﾎｯﾊﾟ	角形＋Uﾄﾗﾌｺﾝﾍﾞｱ	5,000L×10,000W ﾎｯﾊﾟ 1,600W×15,000L ｺﾝﾍﾞｱ	ー	25.7	2	ﾍﾞﾙﾄﾌｨｰﾀﾞｰ2基/ﾎｯﾊﾟ 回転式ﾚﾍﾞﾗｰ
C-101/2	Trash受入ﾎｯﾊﾟ抜出 ｺﾝﾍﾞｱ	Uﾄﾗﾌｺﾝﾍﾞｱ	1,600W×32,000L	ー	22	2	
C-103	原料貯蔵室搬送 ｺﾝﾍﾞｱ	Uﾄﾗﾌｺﾝﾍﾞｱ	1,600W×147,000L	ー	75	1	
C-104	原料貯蔵室内分配 ｺﾝﾍﾞｱ	ﾌﾗｯﾄ	1,600W×82,000L	ー	55	1	貯蔵室内
C-105	No.1原料貯蔵室 ｺﾝﾍﾞｱ	Uﾄﾗﾌｺﾝﾍﾞｱ	1,000W×100,000L	ー	75	1	Tripper 貯蔵室内天井
C-106	No.2原料貯蔵室 ｺﾝﾍﾞｱ	Uﾄﾗﾌｺﾝﾍﾞｱ	1,000W×100,000L	ー	75	1	Tripper 貯蔵室内天井
C-107	No.3原料貯蔵室 ｺﾝﾍﾞｱ	Uﾄﾗﾌｺﾝﾍﾞｱ	1,000W×100,000L	ー	75	1	Tripper 貯蔵室内天井
C-108	原料貯蔵室抜出 ｺﾝﾍﾞｱ	Uﾄﾗﾌｺﾝﾍﾞｱ	1,600W×113,000L ×4,300H	ー	75	1	貯蔵室内床下
C-109	原料搬送ｺﾝﾍﾞｱ	Uﾄﾗﾌｺﾝﾍﾞｱ	1,600W×5,500L	ー	3.7	1	
C-110	原料搬送ｺﾝﾍﾞｱ	Uﾄﾗﾌｺﾝﾍﾞｱ	1,600W×95,000L	ー	75	1	
-	ﾎﾞｲﾗｰ供給ｺﾝﾍﾞｱ	ー	ー	ー	ー	ー	ﾎﾞｲﾗｰﾕﾆｯﾄに含む
C-112	原料返送ｺﾝﾍﾞｱ	Uﾄﾗﾌｺﾝﾍﾞｱ	1,600W×19,500L	ー	15	1	
X-101	ｼｬﾍﾞﾙﾛｰﾀﾞｰ	ｺﾞﾑﾀｲﾔ型	ー	容量約2m3 ｴﾝｼﾞﾝ出力 約130HP	ー	3	
B-201	ﾎﾞｲﾗｰ	水管式	ー	60T/H 33barG、425℃	ー	1	
E-201	ｽｰﾊﾟｰﾋｰﾀｰ	ﾀﾞﾌﾞﾙｽﾃｰｼﾞﾍﾟﾝﾀﾞﾝﾄ	伝熱面積400m2	60,000kg/H、425℃、 33bar	ー	1	
E-202	ｴｺﾉﾏｲｻﾞｰ	ﾌｨﾝﾁｭｰﾌﾞ	伝熱面積800m2	60,000kg/H、 132/190℃	ー	1	
E-203	空気ﾌﾟﾚﾋｰﾀｰ	ﾁｭｰﾌﾞﾗｰ	伝熱面積1,000m2	50/150℃	ー	1	
F-201	ｽｰﾄﾌﾞﾛﾜ	ｽﾁｰﾑｼﾞｪｯﾄ	ー	ー	ー	1	
X-201	燃焼装置	空気散布式ﾄﾗﾍﾞﾘﾝｸﾞｽﾄｰｶｰ	ー	ー	ー	1	
F-202	ﾄﾞﾗﾌﾄﾌｧﾝ	ﾀｰﾎﾞﾌｧﾝ ﾓｰﾀｰ駆動	ー	1,670m3/min× 210mmAq at 25℃	110	1	
F-203	ﾘｶﾊﾞﾘｰﾄﾞﾗﾌﾄﾌｧﾝ	ﾀｰﾎﾞﾌｧﾝ ﾓｰﾀｰ駆動	ー	ー	7.5	1	
F-204	2ndﾄﾞﾗﾌﾄﾌｧﾝ	ﾀｰﾎﾞﾌｧﾝ ﾓｰﾀｰ駆動	ー	830m3/min× 300mmAq at 150℃	75	1	
F-205	IDﾌｧﾝ	ﾀｰﾎﾞﾌｧﾝ ｽﾁｰﾑﾀｰﾋﾞﾝ駆動	ー	3,430m3/min× 250mmAq at 200℃	ー	1	250kwﾀｰﾋﾞﾝ

バイオマス発電設備 新設工事

EQUIPMENT LIST

ITEM NO.	EQUIPMENT NAME	TYPE	SIZE	CAPACITY (有効)	MOTOR (kw)	Q'TY	REMARKS
EP-201	電気集塵機	乾式	—	8.0g/Nm3→ 120mg/Nm3		1	
S-201	煙突	自立式	φ2,200×40,000H	—	—	1	
P-201	ﾌｨｰﾄﾞ水ﾎﾟﾝﾌﾟ	遠心渦巻	—	72,000kg/H×43bar 132℃	150	2	
D-201	ﾃﾞｱﾚｰﾀｰ	加圧ｽﾌﾟﾚｰ	—	60,000kg/H、 2.7bar、Strage Capacity 10min	—	1	溶存酸素0.03ppm
P-202	ﾃﾞｱﾚｰﾀｰﾘﾌﾄﾎﾟﾝﾌﾟ	遠心渦巻	—	72,000kg/H×10bar 55℃	45	2	
X-202	連続ﾌﾞﾛｰﾀﾞｳﾝ設備	ﾌﾗｯｼｭﾀﾝｸ式	—	3,000kg/H Max10Bar,Nor6bar	—	1	
X-203	高圧薬注設備	ﾌﾟﾗﾝｼﾞｬｰ式	—	4.0L/H×45bar	1.0	1	ｲﾝｼﾞｪｸｼｮﾝﾎﾟﾝﾌﾟ0.4kw×2基 薬品ﾀﾝｸ200L×1基 攪拌機0.2kw×1基
X-204	低圧薬注設備	ﾀﾞｲﾔﾌﾗﾑ式	—	4.0L/H×10bar	0.26	1	ｲﾝｼﾞｪｸｼｮﾝﾎﾟﾝﾌﾟ0.03kw×2基 薬品ﾀﾝｸ200L×1基 攪拌機0.2kw×1基
X-205	純水設備	全自動	—	15m3/H	30	1	ﾎﾟﾝﾌﾟ15kw×2基 ﾀﾝｸ30m3×1基
C-201	燃料ﾌｨｰﾄﾞｺﾝﾍﾞｱ	ﾌﾗｲﾄｺﾝﾍﾞｱ ｼﾝｸﾞﾙﾃﾞｯｷﾀｲﾌﾟ	—	40T/H	37	1	
T-201	ｻｰﾋﾞｽｻｲﾛ	円筒竪型	—	150m3	14.8	1	ﾚﾍﾞﾙｽｲｯﾁ2ヶ、 ｽｸﾘｭｰﾌｨｰﾀﾞｰ3.7kw×4基、ｹﾞｰﾄﾀﾞﾝﾊﾟｰ4基
C-202	No.1ｱｯｼｭｺﾝﾍﾞｱ	ｳｪｯﾄﾀｲﾌﾟﾀﾞﾌﾞﾙﾁｪｲﾝｺﾝﾍﾞｱ	—	3T/H	5.5	1	
C-203	No.2ｱｯｼｭｺﾝﾍﾞｱ	ｲﾝｸﾗｲﾝﾄﾞﾀﾞﾌﾞﾙﾁｪｲﾝｺﾝﾍﾞｱ	—	3T/H	5.5	1	
T-202	ｱｯｼｭﾋﾞﾝ	円筒竪型	—	50m3	—	1	
C-204	No.1ﾀﾞｽﾄｺﾝﾍﾞｱ	ｳｪｯﾄﾀｲﾌﾟﾀﾞﾌﾞﾙﾁｪｲﾝｺﾝﾍﾞｱ	—	1T/H	3.7	1	
C-205	No.2ﾀﾞｽﾄｺﾝﾍﾞｱ	ｲﾝｸﾗｲﾝﾄﾞﾀﾞﾌﾞﾙﾁｪｲﾝｺﾝﾍﾞｱ	—	1T/H	3.7	1	
T-203	ﾀﾞｽﾄﾋﾞﾝ	円筒竪型	—	30m3	—	1	
T-301	蒸気タービン	12段落衝動 復水式 減速機付	—	9,950KW	—	1	ﾀｰﾋﾞﾝ起動盤、主蒸気圧力制御装置/出力制限装置、潤滑油/制御油ﾕﾆｯﾄ、電動ﾀｰﾆﾝｸﾞ装置、ﾀｰﾋﾞﾝ自動昇速装置、油ﾀﾝｸｶﾞｽ抜ﾌｧﾝ、減速機及び防音ｶﾊﾞｰ、非常用油ﾎﾟﾝﾌﾟ、ｸﾞﾗﾝﾄﾞｼｰﾙ蒸気圧力制御装置、軸振動／軸位置ﾓﾆﾀｰ
X-301	REDUCTION GEAR	—	—	4,059/1,500rpm	11	1	
T-301	OIL RESERVOIR	角形竪型	4,000L	—	—	1	
P-301	MAIN OIL PUMP	ｷﾞｱﾎﾟﾝﾌﾟ	—	50m3/H×10barg	—	1	R/G SHAFT END DRIVEN

バイオマス発電設備 新設工事

EQUIPMENT LIST

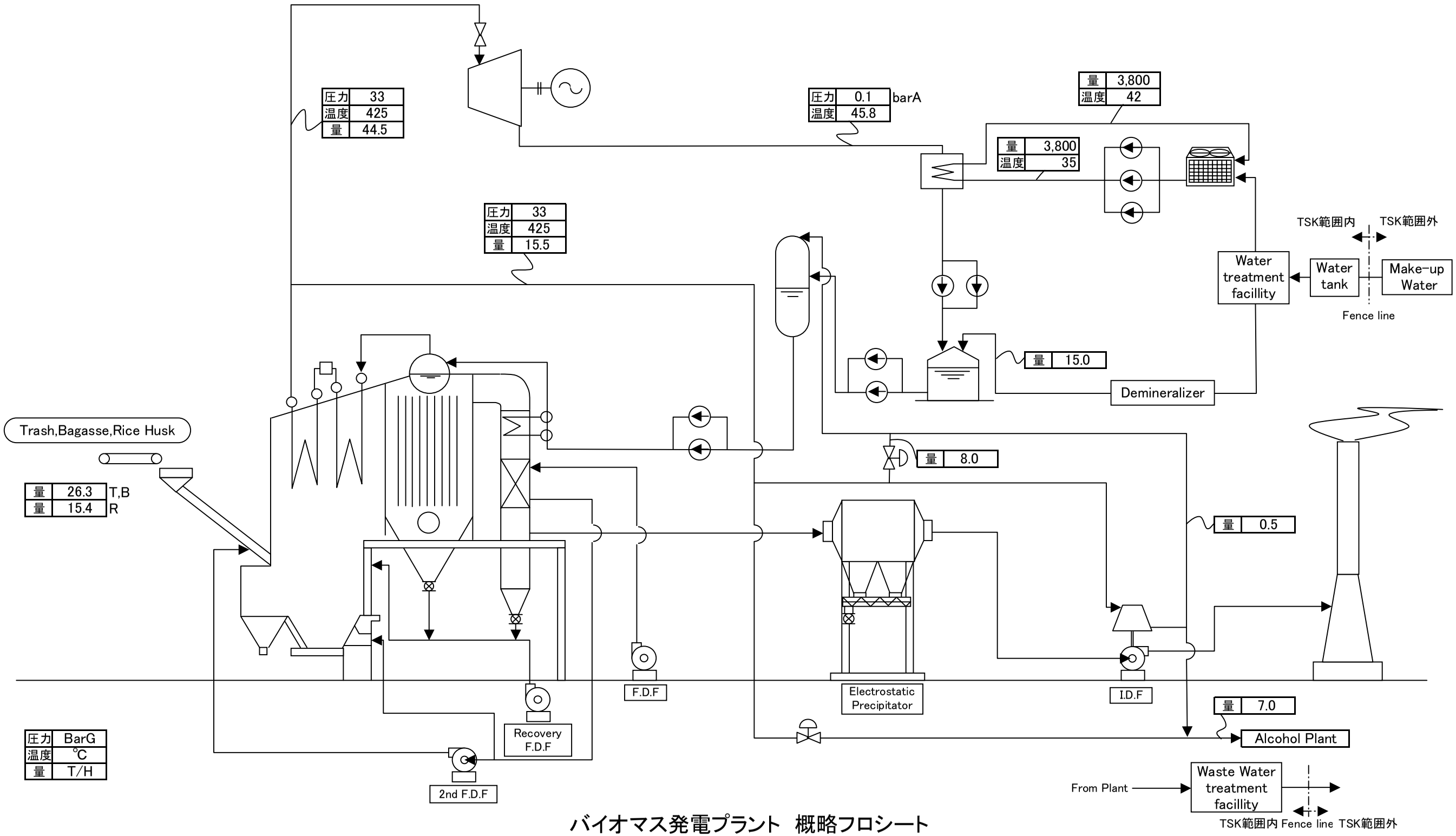
ITEM NO.	EQUIPMENT NAME	TYPE	SIZE	CAPACITY (有効)	MOTOR (kw)	Q'TY	REMARKS
P-302	AUX.OIL PUMP	ｷﾞｱﾎﾟﾝﾌﾟ	―	50m3/H×10barg	37	1	
P-303	EMERGENCY OIL PUMP	ｷﾞｱﾎﾟﾝﾌﾟ	―	10m3/H×1.7barg	2.2	1	
E-301	OIL COOLER	ｼｪﾙ&ﾁｭｰﾌﾞ	伝熱面積40m2	―	―	1	
X-302	OIL FILTER FOR LUBE/CONTROL OIL	DUPLEX BASKET WITH MAGNET	―	―	―	1	
F-301	OIL VAPOR EXTRACTION FAN	CENTRIFUGAL	―	―	0.4	1	
G-301	発電機設備	3相同期発電機	―	9,950kw 1,500rpm	―	1	
E-401	復水器	ﾌｨﾝﾁｭｰﾌﾞ	―	1300m2	―	1	
P-401	真空ﾎﾟﾝﾌﾟ	往復動真空ﾎﾟﾝﾌﾟ	―	―	11	2	
P-402	復水ﾎﾟﾝﾌﾟ	遠心渦巻	―	55t/h×40mH	15	2	
X-401	冷却塔	空冷式	―	IN42℃ OUT35℃	120	1	
P-402	冷却水ポンプ	遠心渦巻	―	3,800m3/H	520	1	
-	Sub-Station	単線結線図を参照下さい	―	―	―	1	高圧受電設備、低圧動力盤、変圧器(8000、2000KVA)
建屋-1	Trash受入建屋	御提案書を参照下さい	2240m2	40m×28m×2棟	―	1	御提案書を参照下さい
建屋-2	Trash集荷コンベア用建屋	↑	687.5m2	120m×5.5m	―	1	↑
建屋-3	ボイラーコントロール用建屋	↑	699m2	60m×21m－51m×11m	―	1	↑
建屋-4	No.1 Trashボイラーエリア供給コンベア用建屋	↑	605m2	5.5m×110m	―	1	↑
建屋-5	No.2 Trashボイラーエリア供給コンベア用建屋	↑	176m2	5.5m×32m	―	1	↑
建屋-6	Trash貯蔵室	↑	10,000m2	100m×100m	―	1	↑
建屋-7	Trash抜出コンベア用建屋	↑	2,000m2	20m×100m	―	1	↑
建屋-8	発電室	↑	375m2	15m×25m	―	1	↑
建屋-9	SPC事務所	↑	700m2	20m×35m	―	1	↑

バイオマス発電設備　新設工事

EQUIPMENT LIST

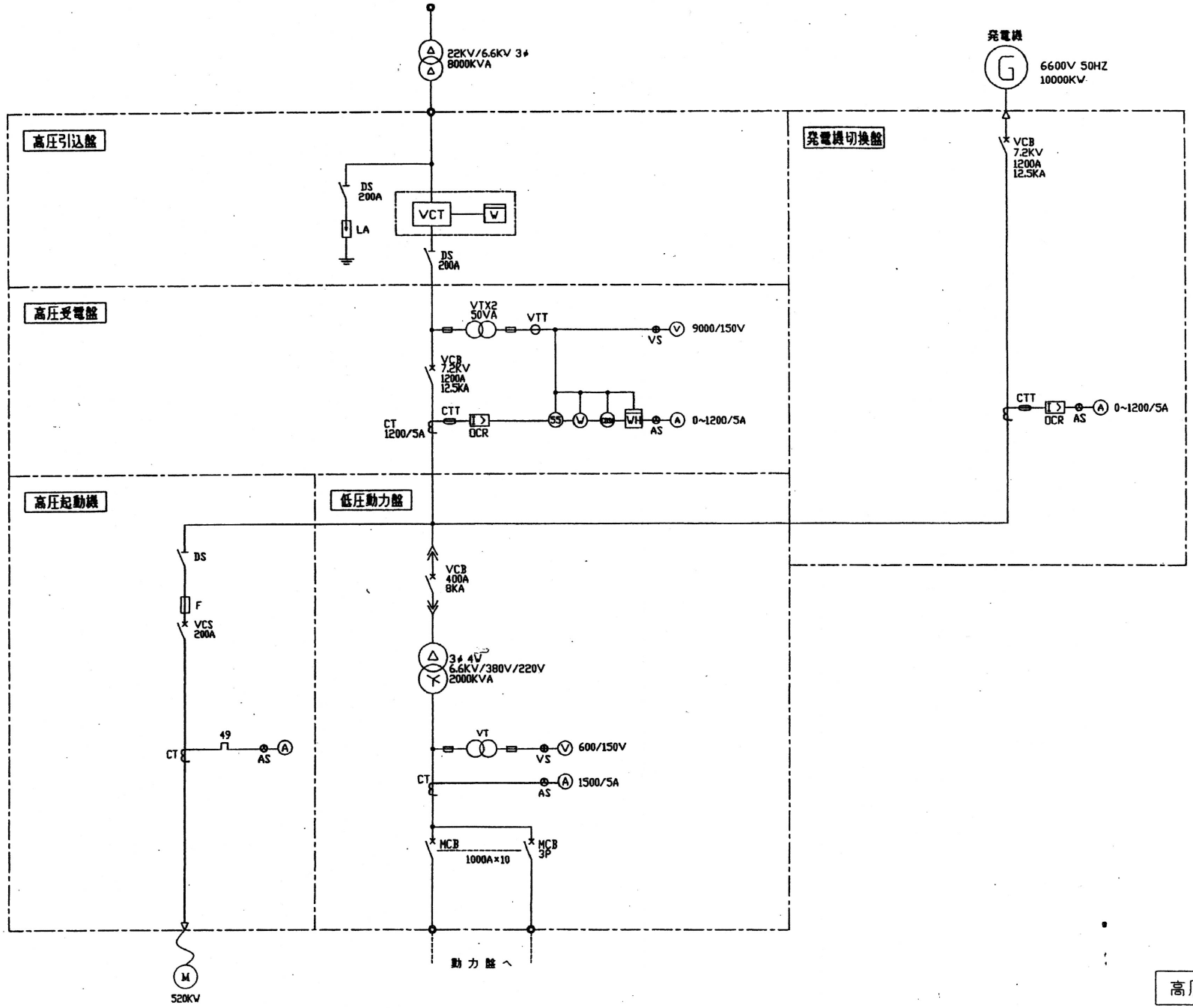
ITEM NO.	EQUIPMENT NAME	TYPE	SIZE	CAPACITY (有効)	MOTOR (kw)	Q'TY	REMARKS
建屋-10	従業員用共同トイレ	↑	105m2	15m×7m	ー	1	↑
建屋-11	計量室	↑	50m2	10m×5m	ー	1	↑
建屋-12	守衛詰所	↑	72m2	6m×6m×2棟	ー	2	↑
外構	ﾌｪﾝｽ、門扉、整地、舗装、排水	↑	ー	ー	ー	ー	↑

添付図－1

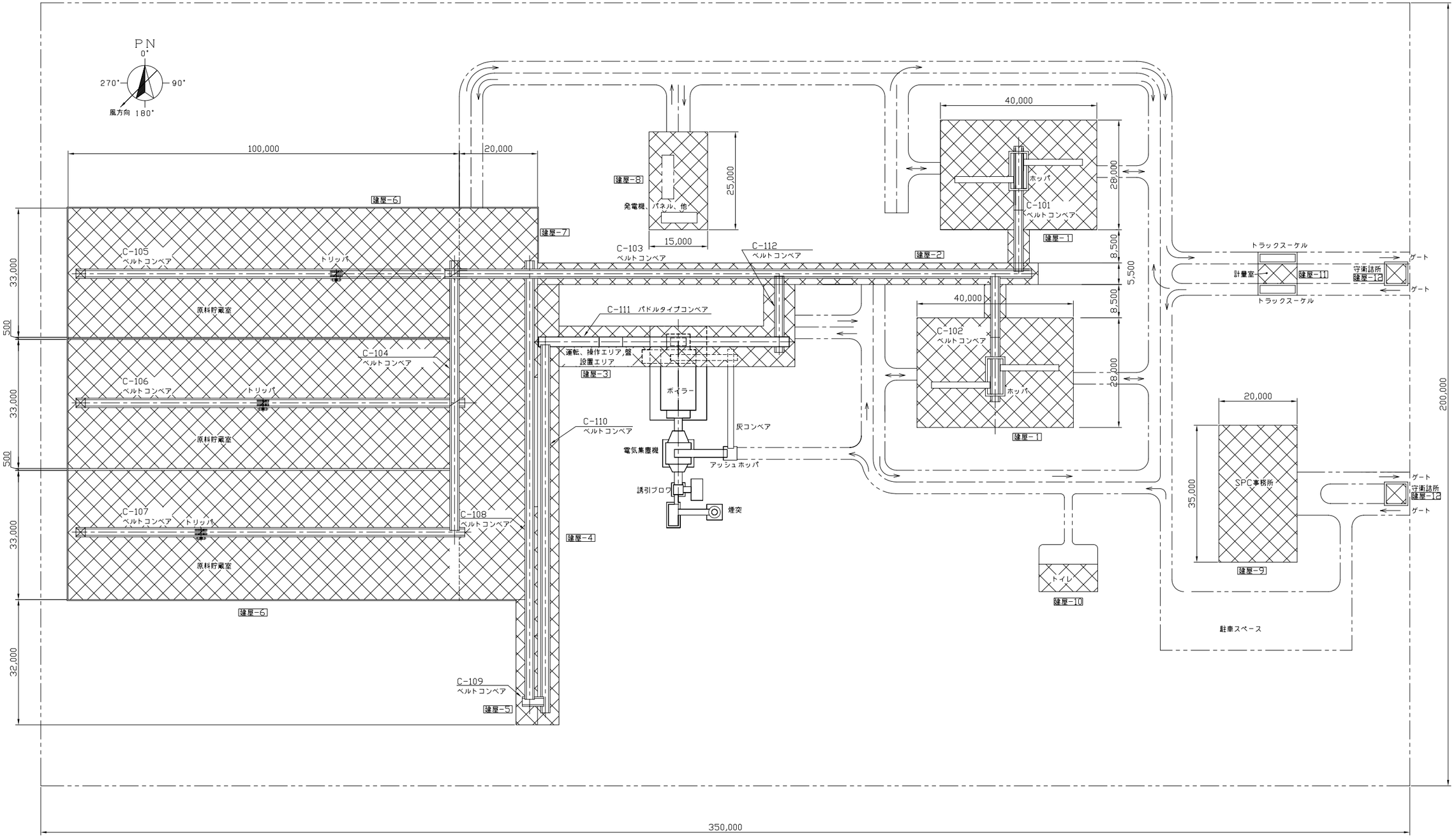


バイオマス発電プラント　概略フロシート

添付図－2



高圧単線結線図



REV.	日付	記事	作成	審査	承認
△					
△					
△					

部番	名称	材質	個数	摘要
承認	審査 審査	作製	日付	H16.1.14
			尺度	1/500
納先	株式会社 関西総合環境センター（KANSO）殿			
図面名称	タイ国ＲＡＪＢＵＲＩでのバイオマス発電プラント（案）			
1 1 1	工番 AA − 部署 P計 枝番 001			Rev. 0
1ユニット必要数量 製作数	製作数量 図番			

TSK 月島機械株式会社

この図面／書類とその内容は月島機械株式会社の所有に属す機密のものです。文書による当社の同意なしに写しの作成または第三者への開示を堅くお断りいたします。

添付資料 a）

EQUIPMENT LIST
FOR
60T/H BOILER

BOILER

No.	Equipment	Q'ty	Particulars	
1	Boiler Proper	1	Applicable standard	: JIS
			Type	: Water tube boiler
				H-1,700 type
			Design specification	
			Steam pressure	: Design 40 bar
				: Nor. Working 36 bar
			Steam evaporation	: 60,000 kg/hr
			Boiler efficiency	: 85 %
			Heating surface	: 1,700 m^2
			Draft system	: Balanced draft
			Burning method	: Traveling stoker
				with pneumatic spreader
			Fuel to be used	: Trash & Rice Husk
			Fuel consumption	: (Trash) 26,300 kg/h
2	Superheater	1	Type	: Double stage pendant type
			Steam pressure	: 33 bar
			Steam temperature	: 425 ℃
			Steam flow	: 60,000 kg/h
			Heating surface	: 400 m^2
3	Economizer	1	Type	: Square finned tube type
			In/out water temperature	: 132/190 ℃
			Water flow	: 60,000 kg/h
			Design pressure	: 40 bar
			Heating surface	: 800 m^2
4	Air preheater	1	Type	: Tubular type
			In/out air temperature	: 50/150 ℃
			Heating surface	: 1,000 m^2
			Accessories	: Steam air heater
				(Air temp : 25/50 ℃)
5	Mechanical soot blower	1	Type	: Steam jet,
				automatic operation type
6	Combustion equipment	1	Type	: Traveling stoker
				with pneumatic spreader,
				with ignition burner

7	Draft equipment			
	(1) Forced draft fan	1	Type	: Motor driven, direct coupled turbo type
			Volume	: 1,670 m^3/min
			Static pressure	: 210 mmAq
			Temperature	: 25 ℃
			Motor power	: 110 kw
	(2)Recovery forced draft fan	1		: 7.5kw
	(3)Secondary forced draft fan	1	Type	: Motor driven, direct coupled turbo type
			Volume	: 830 m^3/min
			Static pressure	: 300 mmAq
			Temperature	: 150 ℃
			Motor power	: 75 kw
	(4) Induced draft fan	1	Type	: Turbine driven, double suction direct coupled, turbo type
			Volume	: 3,430 m^3/min
			Static pressure	: 250 mmAq
			Temperature	: 200 ℃
			Motor power	: 250 kw
	(5) Air and gas duct	1	Type	: Mild steel made
	(6) Electrostatic precipitator	1	Type	: Dry type, horizontal gas flow type
			Particle in flue gas	: (Inlet) 8.0 g/Nm3
			(corrected @7% O_2)	: (Outlet) 120 mg/Nm3
			Flue gas temperature	: 200 ℃
	(7) Stack	1	Type	: Mild steel made, self-standing type
			Diameter	: 2.2m
			Height	: 40mH

8	Feed water equipment			
	(1) Feed water pump driven with motor	2	Type	: Motor driven, centrifugal pump
			Capacity	: 72,000 kg/h
			Delivery pressure	: 43 bar
			Temperature	: 132 ℃
			Motor power	: 150 kw
	(2) Deaerator	1	Type	: Pressure spray type
			Capacity	: 60,000 kg/h
			Operation pressure	: 2.7 bar
			Storage capacity	: 10 min
			Dissolved oxigen	: 0.03 ppm
	(3) Deaerator lift pump	2	Type	: Motor driven, centrifugal pump
			Capacity	: 72,000 kg/h
			Delivery pressure	: 10 bar
			Temperature	: 55 ℃
			Motor power	: 45 kw
9	Continuous blow down equipment	1	Type	: Flash tank type, Return the flush steam to deaerator type
			Capacity	: 3,000 kg/h (Max.5% below)
			Flash tank pressure	: Max. 10 bar
				: Nor. 6 bar
10	Chemical injection equipment			
	(1) High pressure dosing	1	Type	: Continuous dosing,plunger type
				: 4.0 L/h
			Capacity	: 45 bar
			Delivery pressure	: 2-injection pump (0.4kw)
			Parts furnished	: 1-chemical tank (200 litter)
				: 1-agitator (0.2kw)
				: Diaphragm type
	(2) Low pressure dosing	1	Type	: 4.0 L/h
			Capacity	: 10 bar
			Delivery pressure	: 2-injection pump (0.03kw)
			Parts furnished	: 1-chemical tank (200 litter)
				: 1-agitator (0.2kw)
11	Demineralizer	1	Type	: Automatic operation type
			Capacity	: 15.0 m^3/h
			Parts furnished	: 2-Demineralized Pump (15 kw)
				: 1-Demineralized Tank (30 m^3)

12	Fuel handling system			
	(1) Fuel feed conveyor	1	Type Capacity Motor power	: Single deck type, Flight conveyor : 30 T/h : 37 kw
	(2) Service silo	1	Type Capacity Parts furnished	: Screw-feeder discharge, cubicle silo type : 150 m^3 : 2-Level swtch : 4-Discharge screw feeder (3.7kw) : 4-Gate damper
13	Ash handling system			
	(1) No.1 Ash conveyor	1	Type Capacity Motor power	: Wet type double chain conveyor : 3 T/h : 5.5 kw
	(2) No.2 Ash conveyor	1	Type Capacity Motor power	: Inclined, double chain conveyor : 3 T/h : 5.5 kw
	(3) Ash bin	1	Type Capacity	: Ground elevated cubicle type : 50 m^3
	(4) No.1 Dust conveyor	1	Type Capacity Motor power	: Wet type double chain conveyor : 1 T/h : 3.7 kw
	(5) No.2 Dust conveyor	1	Type Capacity Motor power	: Inclined, double chain conveyor : 1 T/h : 3.7 kw
	(6) Dust bin	1	Type Capacity	: Ground elevated cubicle type : 30 m^3
14	Instrument and Control		Type Accessories	: Distributed Control System : Operation console (CRT, operation key-board) : 2-Air compressor (7.5kw)

MOTOR LIST

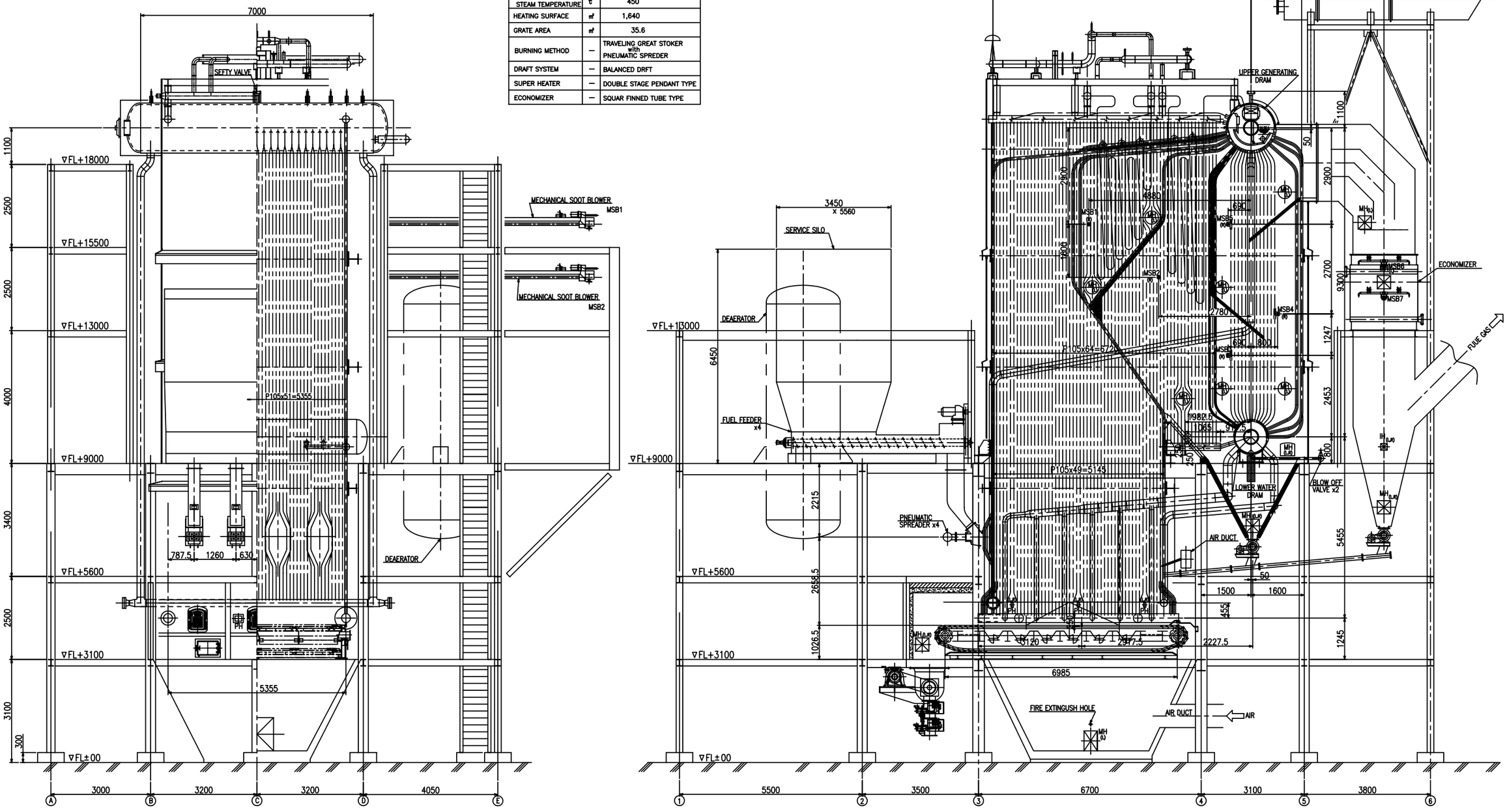
Electric source	50 Hz,	380	volts	
1 - Induced draft fan		250	kw	(Direct)
2 - Feed water pump		150	kw	(Direct)
2 - Deaerator feed pump		45	kw	(Direct)
1 - Forced draft fan		110	kw	(Direct)
1 - Secondary forced draft fan		75	kw	(Direct)
1 - Furnace draft controller		0.4	kw	(Direct)
2 - High pressure dosing		0.4	kw	(Direct)
2 - Low pressure dosing		0.03	kw	(Direct)
2 - Agitator for chemical tank		0.2	kw	(Direct)
2 - Rotary valve for under drum		0.75	kw	(Direct)
2 - Rotary valve for under Economizer		0.75	kw	(Direct)
1 - Rotary valve for under ESP		0.75	kw	(Direct)
1 - Seal fan for ESP		1.5	kw	(Direct)
1 - Main steam stop valve		1.5	kw	(Direct)
1 - Above by pass valve		0.4	kw	(Direct)
1 - Start up vent valve		0.4	kw	(Direct)
1 - Speed motor for traveling stoker		2.2	kw	(Direct)
2 - Air compressor		7.5	kw	(Direct)
4 - Discharge screw conveyor (Silo)		3.7	kw	(Direct)
1 - No.1 husk feed conveyor		37	kw	(Direct)
2 - No.2 husk feed conveyor		37	kw	(Direct)
1 - No.1 Ash conveyor		5.5	kw	(Direct)
1 - No.2 Ash conveyor		5.5	kw	(Direct)
1 - Double damper with geared motor		0.4	kw	(Direct)
1 - No.1 Dust conveyor		3.7	kw	(Direct)
1 - No.2 Dust conveyor		3.7	kw	(Direct)

DRG. No. H-2・5・8・5・7 b

ITEM No. 照号

SPECIFICATION

MAX ALLOWABLE WORKING PRESS.	bar	50.0
WORKING PRESS.	bar	41.0
MAX ACTUAL EVAPORATION	kg/h	55,000
STEAM TEMPERATURE	℃	405
MAX ALLOWABLE STEAM TEMPERATURE	℃	450
HEATING SURFACE	m²	1,640
GRATE AREA	m²	35.6
BURNING METHOD	—	TRAVELING GREAT STOKER with PNEUMATIC SPREDER
DRAFT SYSTEM	—	BALANCED DRFT
SUPER HEATER	—	DOUBLE STAGE PENDANT TYPE
ECONOMIZER	—	SQUAR FINNED TUBE TYPE



MH : MAN HOLE
PH : PEEP HOLE
IH : INSPECTION HOLE

For Reference

END USER 引当先	Messrs. Tsukishima Kikai Co.,Ltd
SECTION 区分	H-1600 TYPE YOSHIMINE WATER TUBE BOILER
TITLE 名称	Boiler Assembly Drawing.

SCALE 縮尺	APPROVED 承認	CHECKED 検査	DESIGNED 担当	DRAWN 製図
1/60	N.Ohashi	N.Ohashi	T.Ueyama	T.Ueyama

YOSHIMINE CO.,LTD. 株式会社 よしみね	ORDER NO. 整理番号	A1111
DRG. NO. 図番	H-2・5・8・5・7	b
DOX No. BLRGN-010-Y	REV,No	3

添付資料 b)

FOR ESTIMATION

SPECIFICATION & DRAWING

STEAM TURBINE
FOR
GENERATOR

MESSRS. : TSUKISHIMA KIKAI CO., LTD.

CUSTOMER :

PROJECT : BIOMASS / THAILAND

REV.	DATE	DESCRIPTION	APPROVED BY	CHECKED BY	DRAWN BY

ORDER NO.	TS-5440			APPROVED BY	
MODEL	DNG124-70			CHECKED BY	
DRAW. NO.	TH13000-01	REV.	0	DRAWN BY	H. I.

SHINKO IND.LTD.
5-7-21, Ohzu, Minami-ku, Hiroshima, Japan
TEL : (082) 508 - 1000 FAX : (082) 508 - 1020

SHINKO IND.LTD. TURBINE DESIGNING DEPARTMENT HIROSHIMA JAPAN

GENERAL DESCRIPTION

ORDER NO.	TS-5440	
MODEL	DNG124-70	
DRAWING NO.	TH13040	REV. 0

All equipment covered with this plant shall be designed and manufactured conforming to the following condition.

1. APPLICABLE STANDARD
   (1) JIS : Japanese Industrial Standard
   (2) JEC : Standard of the Japanese Electrotechnical Committee
   (3) JEM : The Standard of the Japan Electrical Manufacturer's Association
   (4) AGMA : American Gear Manufacturer's Association, USA
   (5) Manufacturer's Standard

2. UNIT
   The metric system shall be applied to all of designing work, instruments, gauges and etc.

3. GUARANTEE
   The guarantee shall be valid for the period of either 18-month after shipment or 12-month after installation, whichever shorter.
   The guarantee shall be covered against manufacturer's defect in design, materials and workmanship shall not be applicable to damages sustained through mishandling of the equipment.

4. DISPATCHING OF ENGINEER
   Dispatching of engineer to the site for final check of installation and trial operation shall be prescribed by a separate contact for this regard.

5. SPARE PARTS & SPECIAL TOOLS
   Spare parts and special tools for erection and commissoning shall be supplied with manufacturer's standard.
   (1) Erection and commissioning
   (2) 2-year operation (option item)
   (3) Special tools

6. EXCEPTION OF SUPPLIES
   Following equipment, materials and works are out of supply.
   (1) Civil works
   (2) Building and foundation
   However, outline drawing of foundation and loading data shall be submitted.
   (3) Overhead traveling crane
   (4) Lighting facility
   (5) Piping with valves, wiring and cabling not specified in this specification.
   (6) Utility
   Cooling water
   Compressed air
   Electric source for installation work
   (7) Consumable materials
   Flushing oil, lubrication oil, grease, waste and etc.
   (8) Electric equipment
   Any items requested by public electricity board in regard to parallel operation with them shall be arranged by purchaser.
   (9) All other equipment, materials and works not specified in this specification.

TURBINE SPECIFICATION

ORDER NO.	TS-5440	
MODEL	DNG124-70	.
DRAWING NO.	TH13041	REV. 0

TYPE	RATEAU 12 STAGES, IMPULSE, CONDENSING TYPE
	WITH REDUCTION GEAR
QUANTITY	1 SET

1. DESIGN AND OPERATING CONDITIONS

DESIGN CONDITION		TURBINE RATED	
GENERATOR OUTPUT	(kW)	10000	
TURBINE SPEED	(rpm)	4059	
OUTPUT SHAFT SPEED	(rpm)	1500	
INLET STEAM FLOW	(kg/h)	46000	
EXTRACTION STEAM FLOW	(kg/h)	-	
MAX. INLET STEAM FLOW	(kg/h)	47300	
STEAM CONDITION		NORMAL	DESIGN
INLET STEAM PRESS.	(barg)	32.5	34
INLET STEAM TEMP.	(℃)	425	435
EXTRACTION STEAM PRESS.	(barg)	-	-
EXTRACTION STEAM TEMP.	(℃)	-	-
EXHAUST STEAM PRESS.	(barA)	0.1	1.0 (barg)
EXHAUST STEAM TEMP.	(℃)	45.8	-
EXHAUST MOISTURE CONTENT	(%)	5.2	-

SITE CONDITION		
AMBIENT TEMP.	AVERAGE	* ℃
LOCATION		INDOOR
UTILITY		
COOLING WATER	DESIGN TEMP.	35 ℃
	MAX. TEMP.	- ℃
	DESIGN PRESS.	* barg
	NORMAL PRESS.	- barg
	QUALITY	FRESH WATER
ELECTRIC SOURCE	POWER	AC 380 V × 50 Hz × 3 φ
	POWER	DC 100 V
	CONTROL	DC 100 V
	INSTRUMENT	AC 110 V × 50 Hz × 3 φ

2. CONSTRUCTION FEATURES

TURBINE CASING		HORIZONTAL - SPLIT
TURBINE ROTOR		SOLID
ROTATION	TURBINE SHAFT	CW (FACING TOWARD DRIVEN MACHINE)
※ SEE OUTLINE DRAW.	OUTPUT SHAFT	CCW (FACING TOWARD DRIVEN MACHINE)
CRITICAL SPEED	1st CRITICAL	3000 rpm
	2nd CRITICAL	11300 rpm
BEARING	RADIAL BEARING	SLEEVE
	THRUST BEARING	TILTING PAD & TAPER LAND
	LUBRICATION	FORCED FEED OIL
GOVERNING DEVICE		
GOVERNOR VALVE	TYPE	BAR - LIFT TYPE
	NUMBER OF VALVE	4 VALVES
GOVERNOR	TYPE	ELECTRIC - DIGITAL
	MODEL	505
	MANUFACTURER	WOODWARD GOVERNOR COMPANY
	CLASSIFICATION	NEMA CLASS : D
	SPEED RANGE	±6 %
	ELECTRIC SOURCE	DC 100 V
	ACTUATOR TYPE	ELECTRIC & HYDRAULIC (UG ACTUATOR)
SERVOMOTOR	TYPE	HYDRAULIC AMPLIFIER

2001_Master_Spec_DNG124_kvn.xls

EMERGENCY TRIP DEVICE		
EMERGENCY STOP VALVE	TYPE	HYDRAULIC MECHANICAL
OVERSPEED TRIP DEVICE	TYPE	MECHANICAL (ECCENTRIC RING)
		ELECTRIC
SOLENOID TRIP DEVICE		SOLENOID VALVE (DC 110 V / ENERGIZED TRIP)

MATERIAL			
E.S.V. CASING	Cr-Mo CAST STEEL	TURBINE ROTOR	Cr-Mo-V STEEL
TURBINE CASING	Cr-Mo CAST STEEL	BLADE	STAINLESS STEEL
NOZZLE	* SEE MATERIAL LIST	SHROUD	STAINLESS STEEL
DIAPHRAGM	* SEE MATERIAL LIST	LABYRINTH PACKING	Ni-BRASS

HYDROSTATIC TEST PRESSURE	
HIGH PRESSURE CASING	51 barg
LOW PRESSURE CASING	2.0 barg

CONNECTIONS	INLET	-	EXHAUST	-
SIZE (mm)	250	-	1200	-
RATING & FACING	ANSI 600LB-RF	-	1350	-
POSITIONS	SIDE	-	BOTTOM	-
STEAM VELOCITY (m / s)	24.1	-	121.8	-

3. REDUCTION GEAR

TYPE		SINGLE STAGE
GEAR TYPE		DOUBLE HELICAL
SPEED	INPUT / OUTPUT	4059 / 1500 rpm
SERVICE FACTOR		1.3 (AGMA 421)
EFFICIENCY		98.5 %
TURNING DEVICE	DRIVER TYPE	ELECTRIC MOTOR
		11 kW × 1500 rpm
		AC 380 V × 50 Hz × 3 ϕ

4. OIL SYSTEM

OIL RESERVOIR		
TYPE		INDEPENDENT OIL UNIT
TANK CAPACITY		4000 ℓ
OIL GRADE		TURBINE OIL ISO VG 32
DIMENSION		L : 3.2 m × W : 2.7 m × H : 2.6 m
WEIGHT (DRY / FULL)		3100 kg / 6500 kg
MAIN OIL PUMP		
TYPE		GEAR PUMP
QUANTITY		1 SET
CAPACITY × DISCHARGE PRESSURE		50 m^3/h × 10 barg
MATERIAL	CASING	CAST IRON
	GEAR	CARBON STEEL
DRIVER TYPE		R/G SHAFT END DRIVEN
AUX. OIL PUMP		
TYPE		GEAR PUMP
QUANTITY		1 SET
CAPACITY × DISCHARGE PRESSURE		50 m^3/h × 10 barg
MATERIAL	CASING	CAST IRON
	GEAR	CARBON STEEL
DRIVER TYPE		ELECTRIC MOTOR / 37 kW × 1000 rpm
		AC 380 V × 50 Hz × 3 ϕ
EMERGENCY OIL PUMP		
TYPE		GEAR PUMP
QUANTITY		1 SET
CAPACITY × DISCHARGE PRESSURE		10 m^3/h × 1.7 barg
MATERIAL	CASING	CAST IRON
	GEAR	CARBON STEEL
DRIVER TYPE		ELECTRIC MOTOR / 2.2 kW × 1800 rpm
		DC 100 V

OIL COOLER		
TYPE		SHELL AND STRAIGHT TUBE TYPE
QUANTITY		1 SET
COOLING SURFACE		40 m^2
COOLING WATER		35 ℃ × 80 m^3/h
OIL FILTER FOR LUBE OIL		
TYPE		DUPLEX BASKET WITH MAGNET
QUANTITY		1 SET
FILTRATION		150 mesh
MATERIAL	CASE	CAST IRON
	ELEMENT	STAINLESS STEEL
OIL FILTER FOR CONTROL OIL		
TYPE		DUPLEX BASKET WITH MAGNET
QUANTITY		1 SET
FILTRATION		150 mesh
MATERIAL	CASE	CAST IRON
	ELEMENT	STAINLESS STEEL
OIL VAPOR EXTRACTION FAN		
TYPE		CENTRIFUGAL FAN
QUANTITY		1 SET
DRIVER		ELECTRIC MOTOR / 0.4 kW × 3000 rpm
		AC 380 V × 50 Hz × 3 ϕ

5. COUPLING

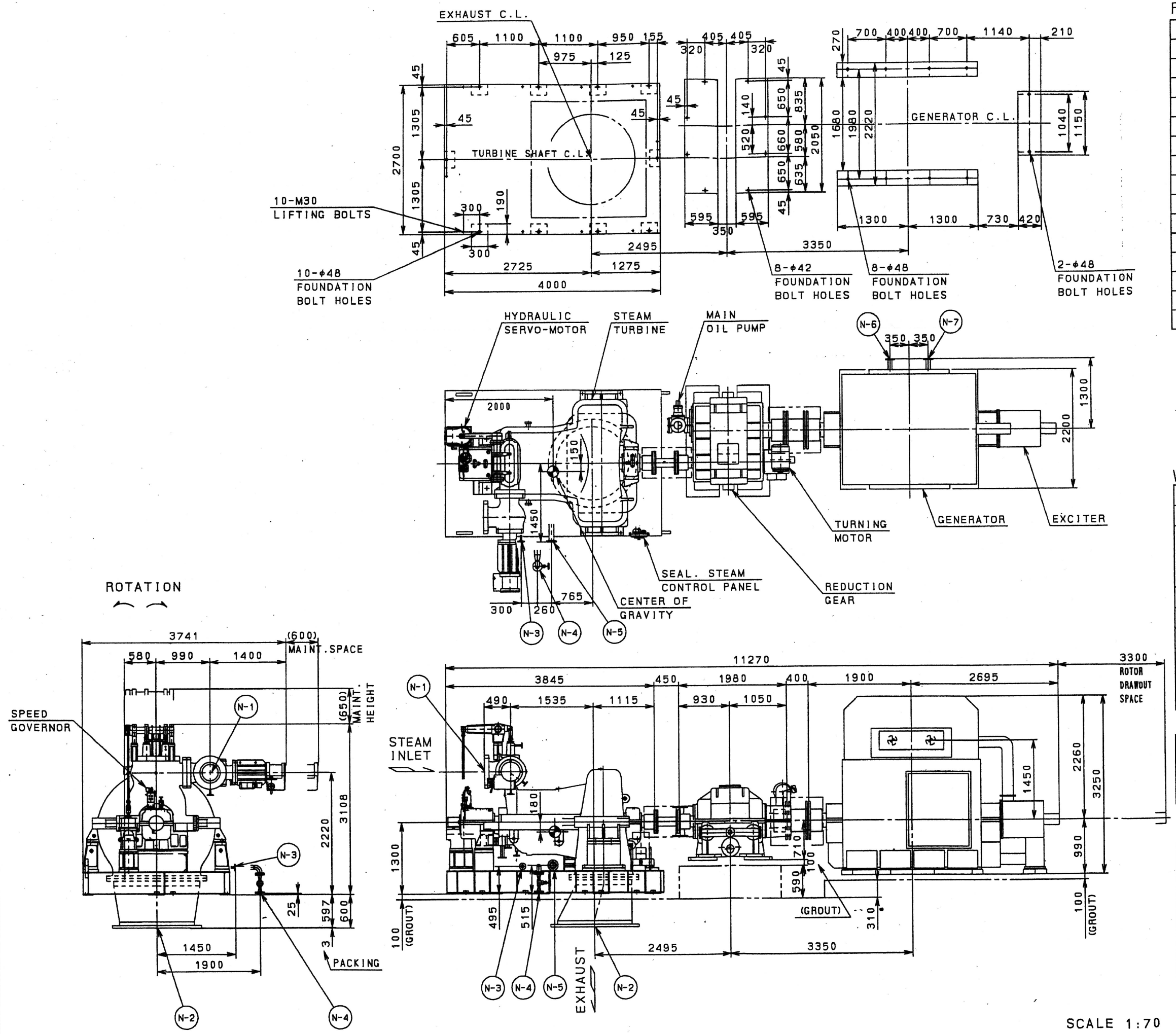
HIGH SPEED SIDE	
TYPE	FLEXIBLE DISC WITH SPACER
LOW SPEED SIDE	
TYPE	FLEXIBLE DISC WITH SPACER

6. SEALING STEAM CONTROL DEVICE

CONTROLLER		
TYPE		ELECTRIC & INDICATING CONTROLLER
ACTION		P. I. ACTION
CONTROL VALVE		
MAKE UP VALVE	TYPE	DIAPHRAGM VALVE
SPILL VALVE	TYPE	DIAPHRAGM VALVE
SUPPLY STEAM		32.5 barg × 425 ℃

7. OTHERS

WEIGHT	
TURBINE	30000 kg
ROTOR	4300 kg
TURBINE CASING COVER	9000 kg
REDUCTION GEAR UNIT	9000 kg
WHEEL	2000 kg
DIMENSION	
TURBINE & REDUCTION GEAR	L : 6.7 m × W : 4.5 m × H : 3.2 m
PAINTING	
TURBINE & REDUCTION GEAR	MUNSELL 7.5 BG 7/2
HIGH TEMPERATURE PORTION	SILVER
TURBINE CONTROL PANEL	MUNSELL 5 Y 7/1
SOUND LEVEL	
SOUND LEVEL AT FULL LOAD	LESS THAN 90 dB (A) at 1 m (EACH EQUIPMENT)



SCALE 1:70

FLANGE CONNECTION TABLE

MARK	CONNECTION	RATING
N-1	STEAM INLET	JIS 30K 250A R.F.
N-2	EXHAUST	JIS 10K 1200A F.F.
N-3	EMG.S.V.CASING DRAIN	JIS 20K 20A R.F.
N-4	GLAND STEAM OUTLET	JIS 10K 65A F.F.
N-5	SEAL.STEAM	JIS 10K 80A F.F.
N-6	C.W.INLET (GENERATOR)	JIS 10K 125A F.F.
N-7	C.W.OUTLET (GENERATOR)	JIS 10K 125A F.F.

WEIGHT

		TURBINE	REDUCTION GEAR	GENERATOR
STATIC LOAD		30000 Kg	9000 Kg	31000 Kg
OPERAT-ING LOAD	HORIZONTAL	7500 Kg	2250 Kg	7750 Kg
	VERTICAL	45000 Kg	13500 Kg	46500 Kg
	AXIAL	3000 Kg	900 Kg	3100 Kg
MAINTENANCE				
TURBINE CASING COVER		9000 Kg	-	-
ROTOR		4300 Kg	-	8000 Kg
GEAR CASING COVER		-	1200 Kg	-
GEAR WHEEL		-	2000 Kg	-
GEAR PINION		-	600 Kg	-

FOR REFERENCE

DIMENSIONS ARE APPROXIMATE.
NOT AVAILABLE FOR INSTALLATION.

ITEM NO.	
ORDER NO.	TS-5440
OUTLINE DRAWING OF STEAM TURBINE	
MODEL	DNG124-70
DRAW. NO.	TH13001 REV. 0

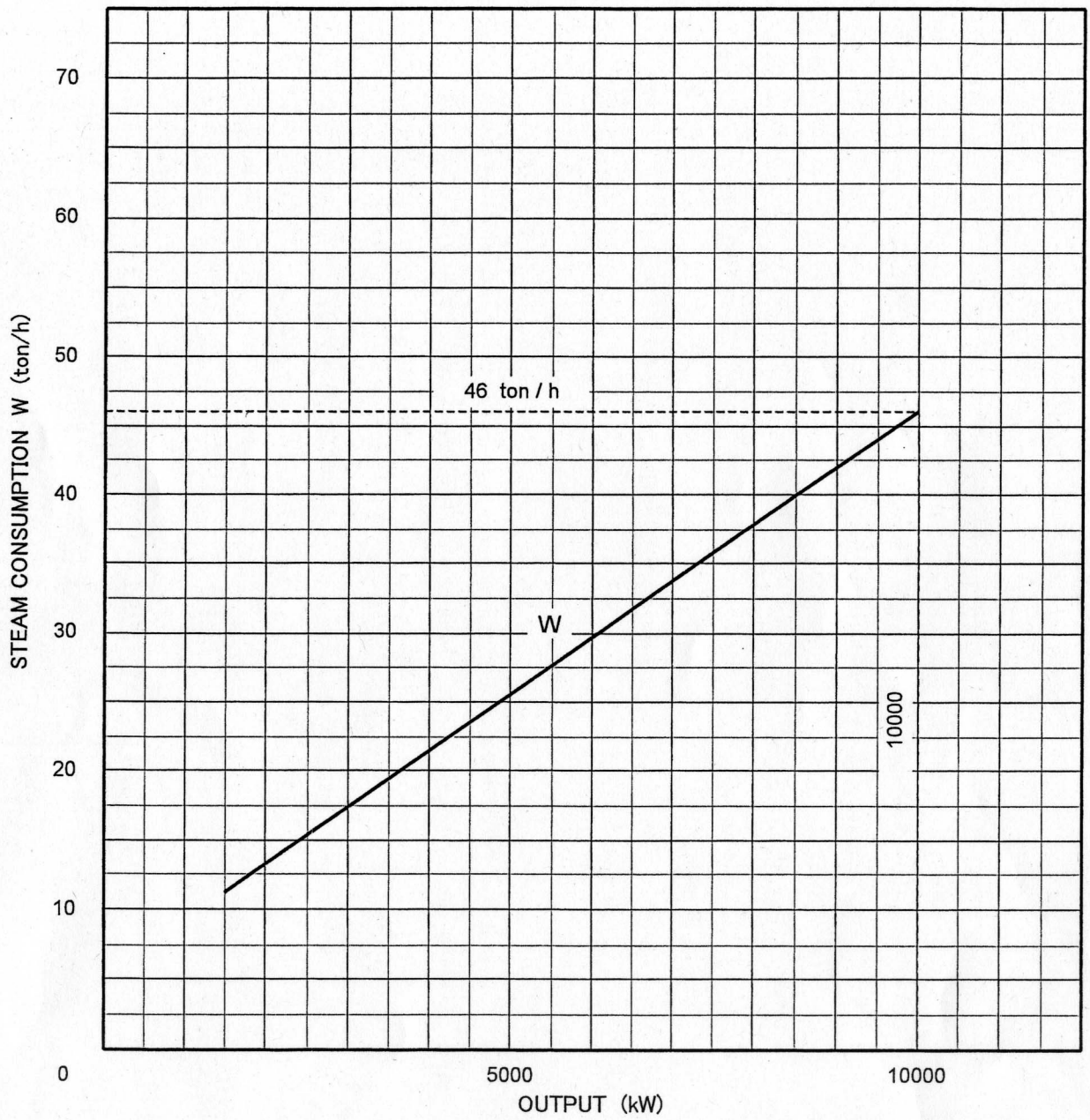
SHINKO IND. LTD.

TH13001-TS5440 (TH13001-21034A) 90

STEAM CONSUMPTION CURVE

ORDER NO.	TS-5440	
MODEL	DNG124-70	
DRAW. NO.	TH13064	REV. 0

MESSRS.	
SERVICE	STEAM TURBINE FOR GENERATOR
PROJECT	



Output	10000	kW
Speed of Turbine Shaft	4059	rpm
Speed of Output Shaft	1500	rpm
Inlet Steam Pressure	32.5	barg
Inlet Steam Temperature	425	℃
Exhaust Steam Pressure	0.1	barA
Exhaust Steam Enthalpy	586.9	kcal/kg
Steam Consumption (3%Tolerance)	46000	kg/h

Approved by

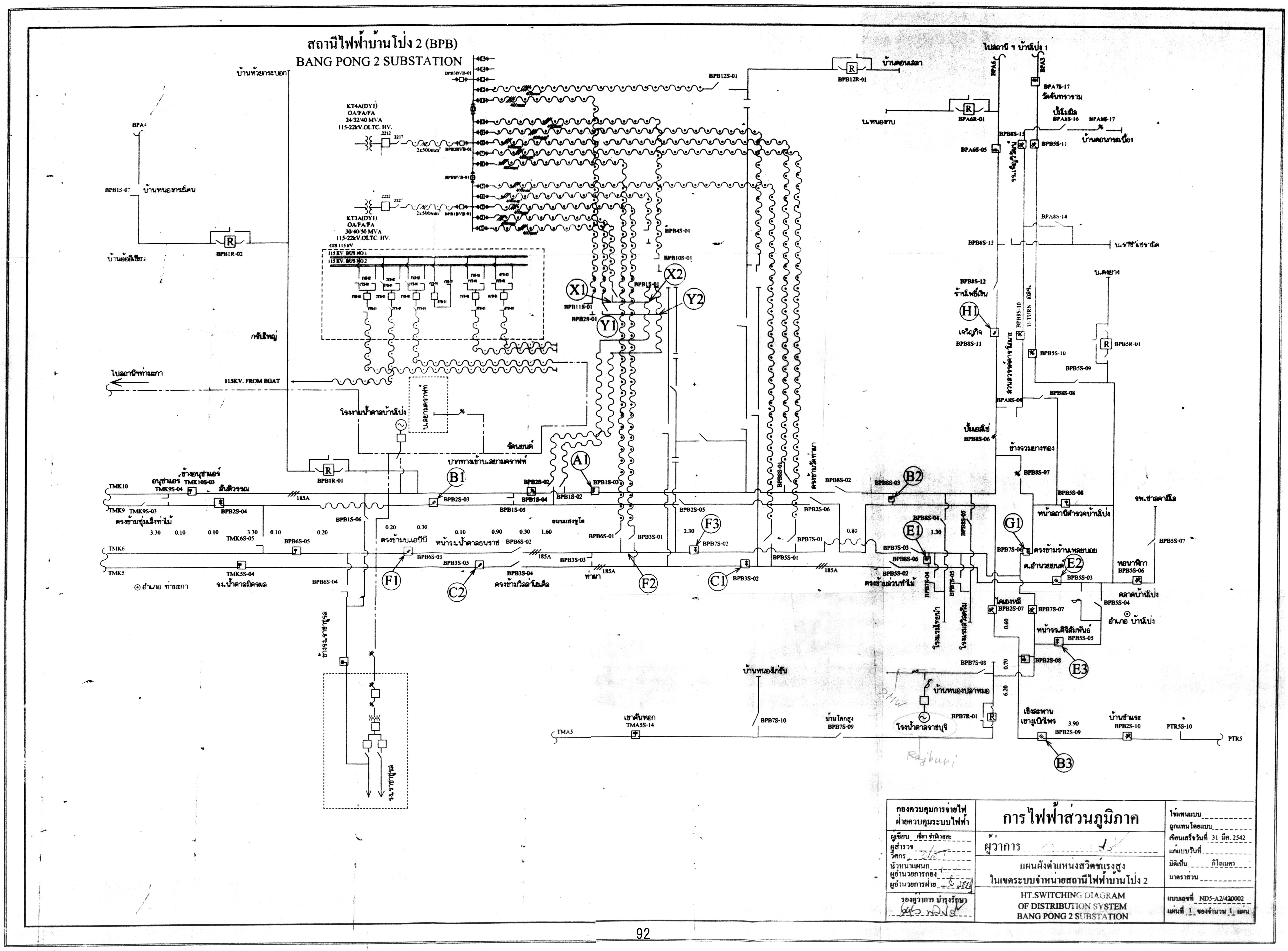
Checked by

Drawn by H.T.

REMARKS

W = 4.08 P + 5.18
P: 電力 (MW)
W: 蒸気量 (t/h)

SHINKO IND. LTD.


สถานีไฟฟ้าบ้านโป่ง 2 (BPB)
BANG PONG 2 SUBSTATION
KT4A(DY1) OA/FA/FA 24/32/40 MVA 115-22kV.OLTC. HV.
KT3A(DY1) OA/FA/FA 30/40/50 MVA 115-22kV.OLTC HV
115KV. FROM BGAT
X1
X2
Y1
Y2
A1
B1
B2
B3
C1
C2
E1
E2
E3
F1
F2
F3
G1
H1
TMK10
TMK9
TMK6
TMK5
TMA5
PTR5
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
แผนผังตำแหน่งสวิตช์แรงสูง
ในเขตระบบจำหน่ายสถานีไฟฟ้าบ้านโป่ง 2
HT.SWITCHING DIAGRAM
OF DISTRIBUTION SYSTEM
BANG PONG 2 SUBSTATION
Rajburi

（株）関西総合環境センター　御中

月島機械株式会社
営業部砂糖ｸﾞﾙｰﾌﾟ

トラッシュ利用発電プラント　概算価格について

拝啓　時下ますますご清栄のこととお喜び申し上げます。
平素は格別のご高配を賜り、厚く御礼申し上げます。
表題の件について、下記のとおりご連絡申し上げます。

敬具

記

１．　設備費　（千円）

ｼｬﾍﾞﾙﾛｰﾀﾞｰ(3 台)、ﾄﾗｯｸｽｹｰﾙ(2 台)	70,000	
ボイラー（据付工事含む）	900,000	（EP、純水装置含む）
タービン発電機	400,000	（ｺﾝﾃﾞﾝｻｰ、ｴｱｰﾌｨﾝｸｰﾗｰ含む）
コンベヤ類	310,000	
取水・廃水設備	70,000	（取水場所は至近とする）
建屋（基礎杭は不要と仮定）	50,000	（ﾀｰﾋﾞﾝ、制御室、SPC 事務所）
ﾄﾗｯｼｭ保管場所（受け入れ場所含）	700,000	
電気・配管工事	100,000	（材料込み）
据付工事	300,000	
設計費	400,000	（据付・運転指導員含む）
輸送費	30,000	
一般管理費	510,000	
合　　計	3,840,000	（消費税は含まれておりません）

注：上記に含まれない設備　本設備境界線までのｱｸｾｽ道路。

２．　予備について

本計画には、ボイラー及び発電機、輸送機器の予備設備を含みません（故障時は停止となります）。

以　　上

(Translation)

REGULATIONS FOR THE PURCHASE OF POWER FROM SMALL POWER PRODUCERS

**(For Electricity Generated From Non-Conventional Energy,
Waste or Residual Fuel
and
Cogeneration)**

**Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT)
Metropolitan Electricity Authority (MEA)
Provincial Electricity Authority (PEA)**

January 1998
(Revision August 2001)

Attachment No.3

ANNOUNCEMENT

Subject : Regulations for the Purchase of Power from Small Power Producers (SPPs)

1. Capacity Requirement from Each SPP

EGAT will purchase not exceeding 60 MW of capacity from each SPP to be supplied to the Power Utility (PU) system at the connection point. In the event that the proposed capacity exceeds 60 MW, the PU will consider the capability and security required by the system; EGAT will consider this matter on a case by case basis but the capacity purchased from each SPP shall not exceed 90 MW.

2. Operations of Power Generation and Distribution

In order to maintain the overall system security, the SPP shall be able to reduce its power supply during the PU system's off peak demand period, i.e. from 21.30-08.00 hrs., to no less than 65% of the capacity indicated in the contract. In this case, EGAT will notify the SPP at least 30 minutes in advance.

The SPP located in the eastern area of the Gulf of Thailand, i.e. Cha-choeng-sao, Prachinburi, Chonburi, Rayong, Chantaburi, and Trad provinces must be able to reduce its power supply during the PU system's off peak demand period to no less than 40% of the capacity specified in the contract until the construction of the 500 kV transmission system is completed in around the year 2001. After that the reduction of the capacity supply will be adjusted to no less than 65% of the contracted capacity. In this regard, EGAT will notify the SPP at least 30 minutes in advance.

Attachment No.10

ANNOUNCEMENT

Subject : Purchase Price for Power Supplied by Small Power Producers with Firm Contract Using Renewable Energy Entering into the Voluntary Program of the Energy Conservation Promotion Fund under the Promotion of Small Power Producers Using Renewable Energy Project

Pursuant to the cabinet resolution on July 10, 2001 concerning the power purchase price for Small Power Producers (SPPs), EGAT hereby changes the Announcement of Purchase Price for Power Supplied by Small Power Producers dated 5 November, 1997 in section of the power purchase price for SPPs with Firm contract and using non-commercial fuels as follows:

- non-conventional energy such as wind, solar, minihydro energy ; or
- waste or residues from agricultural activities or industrial production processes ; or
- products derived from waste or residues from agricultural or industrial production processes ; or
- garbage (e.g. municipal waste) ; or
- dendrothermal sources (e.g. tree plantations).

Power purchase price for SPPs entering into the Voluntary Program of the Energy Conservation Promotion Fund under the Promotion of Small Power Producers using Renewable Energy Project and Power purchase price for the additional capacity of SPPs with contracts prior to 16 June, 2000 entering into the Voluntary Program of Energy Conservation Promotion Fund will be as follows

Capacity Payment (CP_t)

$$CP_t^{others} = CP_o\,(0.80\,(FX_t/38) + 0.20) \quad \text{Baht/kW/month}$$

where:

CP_t^{others} = Capacity Payment in the month t (Baht/kW/month)

CP_o^{others} = Base Capacity Payment (Baht/kW/month)

Term of Contract	Capacity Payment (CP_0) (Baht/kW/month)
Greater than 5 years but not exceeding 10 years	217
Greater than 10 years but not exceeding 15 years	270
Greater than 15 years but not exceeding 20 years	301
Greater than 20 years but not exceeding 25 years	400

FX_t = the average U.S.dollar Exchange Rate of the buying and selling rate made via telegram on the last day of the month t that the commercial banks apply to customers as published by the Bank of Thailand (Baht/U.S. dollar).

Energy Payment (EP_t)

$EP_t^{others} = EP_o^{others} + ES_t^{others}$ Baht/kWh

where :

EP_t^{others} = Energy Payment in the month t (Baht/kWh)

EP_o^{others} = Base Energy Payment = 1.49 Baht/kWh

ES_t^{others} = the price adjustment factor in case of using other fuels in the month t (Baht/kWh)

= $(1/10^6) \times (P_t - P_o) \times$ Heat Rate (Baht/kWh)

P_t = the price of natural gas that PTT sold to SPPs in the month t (Baht/millionBtu)

P_o = the price of natural gas that PTT sold to SPPs in January 2001 which is used as the base for calculation at the rate of 151.4518 Baht/millionBtu

Heat Rate = the average fuel consumption in order to generate energy = 8,600 Btu/kWh

Effective as of 10 July, 2001.

Announced on 1 August, 2001

(Vitaya Kotcharug)
Governor, Electricity Generating Authority of Thailand

添付資料－２２

Fuel Characteristics

Wood Energy Data

When using wood and biomass as fuels, important properties are energy content, moisture content and ash content.

Energy Content

Energy content, or heating value is expressed as the amount of energy per physical unit, e.g. joule per kilogram. This is the amount of energy that is released in the form of heat when the fuel is burned completely. The Gross Heating Value (GHV) refers to the total energy released whereas the Net Heating Value (NHV) refers to the energy that is actually available from combustion after accounting for energy losses from water evaporation.

Moisture Content

The moisture content indicates the amount of water in the fuel, expressed as a percentage of the weight. For wood and other biomass, moisture content is the most critical factor determining the amount of heat that can be obtained through combustion. When burning the fuel, the water needs to be evaporated first, before heat becomes available. Therefore, the higher the moisture content, the lower the energy content.

Ash Content

This refers to components that are non-combustible (other than water), which affects the energy content of fuels.

For wood and other biomass that is completely dry and ash free, the GHV is in the order of 20 MJ/kg (715%).

The table below gives typical values for major fuels. Data are from the Energy and Environment Basics.

	Net Heating Value on wet basis (MJ/kg)	Moisture content on wet basis	Ash content
Bagasse	7.7 - 8	40 - 60	1.7 - 3.8
Coconut shells	18	8	4
Cotton stalks	16	10 - 20	0.1
Maize cobs	13 - 15	10 - 20	2
Rice husks	14	9	19

Straw	12	10	4.4
Wood	8.4 - 17	10 - 60	0.25 - 1.7
Charcoal	25 - 32	1 - 10	0.5 - 6

Apart from these characteristics, biomass fuels show a large variation in other properties such as bulk density, volatile matter content and size. These also influence the choice of conversion technology suitable for a particular fuel. For example, fuelwood can be used with little need of pre-processing, whereas agricultural residues require more pre-treatment to make handling and transport easier, for example briquetting.

Back to the top

Comments, questions? Contact RWEDP
ŷ FAO-RWEDP, 31/12/02

ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND

GENERAL INFORMATION

EGAT POWER DEVELOPMENT PLAN

(Subject to Approval from the Ministry of Energy)

Generation System Development Planning Department
System Planning Division

April 2003

ACTUAL AND FORECAST OF TOTAL ENERGY GENERATION AND FUEL REQUIREMENT

PDP 2003 : Recommended Plan

Type of Fuel		Unit	Actual	Forecast													
			2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Hydroelectric	- EGAT	Gwh	6481	7458	5533	5729	5729	5043	4352	4358	4339	4330	4389	4367	4787	5208	5419
		%	6.0%	6.3%	4.5%	4.4%	4.1%	3.4%	2.8%	2.6%	2.4%	2.3%	2.2%	2.1%	2.1%	2.2%	2.2%
	- Lao PDR	Gwh	2807	2533	2533	2552	2609	2749	2699	2649	5687	7615	7578	7528	7478	7428	7378
		%	2.6%	2.2%	2.1%	2.0%	1.9%	1.9%	1.7%	1.6%	3.2%	4.0%	3.8%	3.6%	3.3%	3.1%	2.9%
	Total	Gwh	9288	9991	8066	8281	8338	7792	7051	7007	10026	11945	11967	11895	12265	12636	12797
		%	8.6%	8.5%	6.6%	6.4%	6.0%	5.3%	4.5%	4.2%	5.6%	6.3%	6.0%	5.6%	5.5%	5.3%	5.1%
Natural Gas	- EGAT	Gwh	35608	33329	30634	33615	38782	39933	42061	47189	51997	53878	52201	50926	51297	50561	46717
		%	32.9%	28.3%	25.1%	25.8%	27.9%	27.0%	26.8%	28.1%	29.2%	28.6%	26.2%	24.1%	23.0%	21.4%	18.7%
		MMSCFD	860	784	708	784	928	901	927	1008	1087	1123	1086	1062	1074	1062	971
	- EGCO	Gwh	11647	11226	10205	10851	12895	14980	15164	14348	13222	12431	11959	10822	10347	11680	11079
		%	10.8%	9.6%	8.4%	8.3%	9.3%	10.1%	9.7%	8.5%	7.4%	6.6%	6.0%	5.1%	4.6%	4.9%	4.4%
		MMSCFD	309	263	247	261	307	329	329	311	286	269	258	233	222	252	239
	- RATCH	Gwh	10872	19319	20048	19742	21826	23982	24784	24076	22788	22204	21787	21057	20499	20036	19623
		%	10.0%	16.4%	16.4%	15.2%	15.7%	16.2%	15.8%	14.3%	12.8%	11.8%	10.9%	10.0%	9.2%	8.5%	7.9%
		MMSCFD	246	401	394	388	432	483	504	486	454	439	428	410	396	384	373
	- IPP	Gwh	9317	10275	16851	16156	17094	18408	24580	32101	34231	33942	33710	32967	32557	31339	30506
		%	8.6%	8.7%	13.8%	12.4%	12.3%	12.5%	15.6%	19.1%	19.2%	18.0%	16.9%	15.6%	14.6%	13.3%	12.2%
		MMSCFD	218	212	348	332	352	370	490	636	678	672	667	652	644	619	602
	- SPP	Gwh	9246	9388	9787	10539	10539	10431	10323	10323	10323	10323	10323	10323	10323	10323	10323
		%	8.5%	8.0%	8.0%	8.1%	7.6%	7.1%	6.6%	6.1%	5.8%	5.5%	5.2%	4.9%	4.6%	4.4%	4.1%
	Total	Gwh	76689	83537	87525	90903	101136	107734	116912	128037	132561	132778	129980	126095	125023	123939	118248
		%	70.8%	71.0%	71.7%	69.8%	72.8%	72.9%	74.4%	76.2%	74.4%	70.5%	65.2%	59.7%	56.0%	52.4%	47.3%
		MMSCFD	1632	1660	1697	1765	2019	2083	2250	2441	2505	2503	2439	2357	2336	2317	2185
Heavy Oil	- EGAT	Gwh	2024	2548	4072	7729	5434	1689	1552	1488	1393	1390	1402	1340	1318	1343	1317
		%	1.9%	2.2%	3.3%	5.9%	3.9%	1.1%	1.0%	0.9%	0.8%	0.7%	0.7%	0.6%	0.6%	0.6%	0.5%
		MLitres	521	618	1054	1916	1360	392	360	346	323	323	326	311	306	312	306
	- RATCH	Gwh	0	332	470	1443	1779	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		%	0.0%	0.3%	0.4%	1.1%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
		MLitres	0	85	117	359	443	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	- SPP	Gwh	37	60	62	64	64	64	63	63	63	63	63	63	63	63	63
		%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Total	Gwh	2062	2940	4604	9236	7277	1753	1615	1551	1456	1453	1465	1403	1381	1406	1380
		%	1.9%	2.5%	3.8%	7.1%	5.2%	1.2%	1.0%	0.9%	0.8%	0.8%	0.7%	0.7%	0.6%	0.6%	0.6%
		MLitres	521	703	1171	2275	1803	392	360	346	323	323	326	311	306	312	306
Diesel Oil	- EGAT	Gwh	258	35	12	12	603	234	303	335	177	159	149	146	156	174	81
		%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%
		MLitres	67	114	107	110	268	143	164	174	125	119	116	115	118	110	67
Lignite	- EGAT	Gwh	16890	17729	18156	17875	17721	18332	17173	17121	17118	17119	17172	17117	17120	17121	17170
		%	15.6%	15.1%	14.9%	13.7%	12.7%	12.4%	10.9%	10.2%	9.6%	9.1%	8.6%	8.1%	7.7%	7.2%	6.9%
		MTons	15.20	16.22	16.27	16.37	16.22	16.47	15.43	15.39	15.38	15.39	15.43	15.38	15.39	15.39	15.43
Imported Coal	- IPP	Gwh	0	0	0	0	0	7905	9738	9708	9708	9708	9738	9708	9708	9708	9738
		%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.3%	6.2%	5.8%	5.5%	5.2%	4.9%	4.6%	4.3%	4.1%	3.9%
		MTons	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.94	3.62	3.61	3.61	3.61	3.62	3.61	3.61	3.61	3.62
	- SPP	Gwh	2541	2458	2563	2647	2647	2620	2593	2593	2593	2593	2593	2593	2593	2593	2593
		%	2.3%	2.1%	2.1%	2.0%	1.9%	1.8%	1.7%	1.5%	1.5%	1.4%	1.3%	1.2%	1.2%	1.1%	1.0%
	Total	Gwh	2541	2458	2563	2647	2647	10525	12331	12301	12301	12301	12331	12301	12301	12301	12331
		%	2.3%	2.1%	2.1%	2.0%	1.9%	7.1%	7.9%	7.3%	6.9%	6.5%	6.2%	5.8%	5.5%	5.2%	4.9%
		MTons	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.94	3.62	3.61	3.61	3.61	3.62	3.61	3.61	3.61	3.62
Renewable Energy	- SPP	Gwh	648	722	1086	1266	1266	1227	1214	1214	1214	1214	1214	1214	1214	1214	1214
		%	0.6%	0.6%	0.9%	1.0%	0.9%	0.8%	0.8%	0.7%	0.7%	0.6%	0.6%	0.6%	0.5%	0.5%	0.5%
EGAT-TNB		Gwh	13	170	12	12	12	238	465	438	289	281	284	248	234	259	242
		%	0.1%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	0.3%	0.3%	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
New Capacity		Gwh	0	0	0	0	0	0	0	0	2937	11196	24816	40727	53743	67314	86415
		%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.6%	5.9%	12.4%	19.3%	24.1%	28.5%	34.6%
Grand Total		Gwh	108389	117582	122024	130232	139000	147835	157064	168004	178079	188446	199378	211146	223437	236364	249878

Project Design Document

Project Design Document

for

Small-Scale CDM Activity

Sugarcane Trash and Rice Husk Power Cogeneration Project in Thailand

March 2004

Kansai Environmental Engineering Center Co., Ltd.

TABLE OF CONTENTS

A. General description of project activity 1
B. Baseline methodology 10
C. Duration of the project activity / Crediting period 15
D. Monitoring methodology and plan 16
E. Calculation of GHG emission reductions by sources 18
F. Environmental impacts 25
G. Stakeholders comments 26

Annex 1: Information on participants in the project activity 27
Annex 2: Information regarding public funding 29

Appendices
Appendix A: Fuel Supply
Appendix B: CO_2 emission in grid

A. General description of project activity

A.1 Title of the project activity:

Sugarcane Trash and Rice Husk Power Cogeneration Project in Thailand (The Project)

A.2 Description of the project activity:

A.2.1 Purpose of the project activity:

The Project is designed to utilize for electricity generation biomass (sugarcane top and leaf [trash] and rice husk) that would otherwise be left to decay on the fields. This effort will assist Thailand to achieve sustainable growth by providing electricity through biomass power production without relying on fossil fuel combustion, as well as improving the disposal by efficient use of major sources of agricultural waste.

It involves the construction and operation of a new biomass fuel power plant in Ratchaburi province, central Thailand, with approximately 9.64MW gross generating capacity, 8MW net. This state-of-the-art plant consisting of a boiler, turbine and generator will be built independently on the project site adjacent to the premises of Rajburi Sugar Co., Ltd. (RSC). In order to contribute to the local socio-economy, two major biomass resources available in large quantities in Thailand will be utilized by the Project: trash will be used during the sugar production period, while rice husk will be purchased on the market as an alternative to trash during the non-production period. Electricity will be sold through a 30-year power purchase agreement (PPA) with the Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT).

Inviting alcohol manufacturing factories to the neighbouring area of the project plant is also planned to supply surplus thermal energy generated by means of a highly efficient cogeneration system, which leads additionally to the reduction of CO_2 emissions in the brewing process.

A.2.2 Contribution to the sustainable development of the host country:

According to the EGAT Power Development Plan (PDP) 2003, Thailand ‘s demand for electricity will increase from 108,389 GWh in 2002 to 147,835 GWh in 2007 with a general

increase of about 5 to 6% per year, reaching 249,878GWh in 2016. In parallel, EGAT set a plan to enhance its total installed generation capacity from 25,377.8MW in 2003 to 45,417.6 MW in 2016. Against this backdrop, securing steady supply sources of electricity is a matter of vital importance for the Thai economy.

Sugarcane and rice have always been Thailand's flagship agricultural products, with crop production in 2003 of some 74 million tonnes and 27 million tonnes respectively. Consequently, trash and rice husk represent particularly rich biomass energy resources for Thailand. These renewable energy sources currently fuel less than 1% of Thailand's electricity generation, which is dominated by natural gas, lignite and imported fuel oil.

Recognising the potential contribution of renewable energy to the Thai energy mix, the government has placed great importance on supporting environmentally friendly, indigenous, and renewable sources of energy. According to the interview with EGAT, the government has entered into consideration to increase renewable energy supply to 4% of the nation's total electricity generation in the future.

By using biomass to displace fossil fuel in power generation, the Project will largely contribute to the development of renewable energy sources as a solution for Thailand's growing energy requirements. In addition, the Project will have an added contribution to the country's sustainable development, in that it will promote industrial modernization and local employment by adopting advanced Japanese technologies.

A.3 Project participants:

Rajburi Sugar Co., Ltd. (RSC)
RSC is one of the leading sugar manufacturing companies in Thailand. As the local counterparty of the Project, RSC supports activities of the Special Purpose Company (SPC) by providing advisory information and operational technologies. A full-time project development and management staff at RSC will manage SPC, which undertakes comprehensive development and finance responsibility. RSC also funds the Project.

Kansai Environmental Engineering Center Co., Ltd. (KANSO) - Official Contact
KANSO is involved as CDM advisor and an investor in the Project. A specialist in environmental engineering business for more than 30 years, KANSO has been stepping up

efforts to deal with global environmental issues in recent years. KANSO is a part of the group of Kansai Electric Power Co., Inc., the second largest utility company in Japan.

A.4 Technical description of the project activity:

A.4.1 Location of the project activity:

A.4.1.1 Host country Party(ies):

The Kingdom of Thailand

A.4.1.2 Region/State/Province etc.:

Ratchaburi Province

A.4.1.3 City/Town/Community etc:

9 Moo 6 Berkprai, Baan Pong

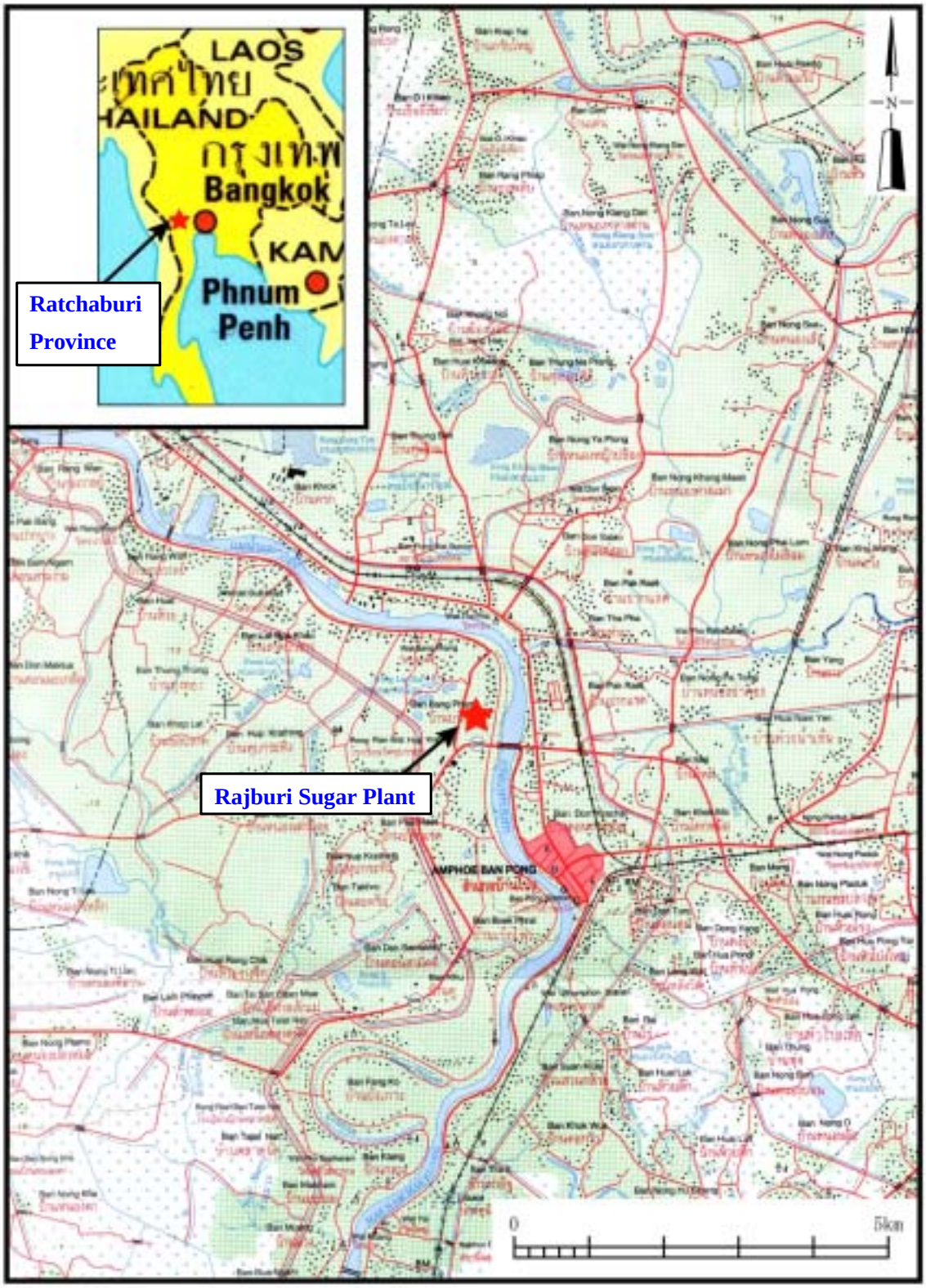


Figure 1. Location of the project site in Thailand

A.4.1.4 Detailed description of the physical location, including information allowing the unique identification of this project activity:

The plant will be located on a 7-hectare site adjacent to the RSC premises in Ratchaburi province, approximately 100km west of Bangkok. RSC has long-term agreements with approximately 500 sugarcane farmers principally within 90 km of its plant.

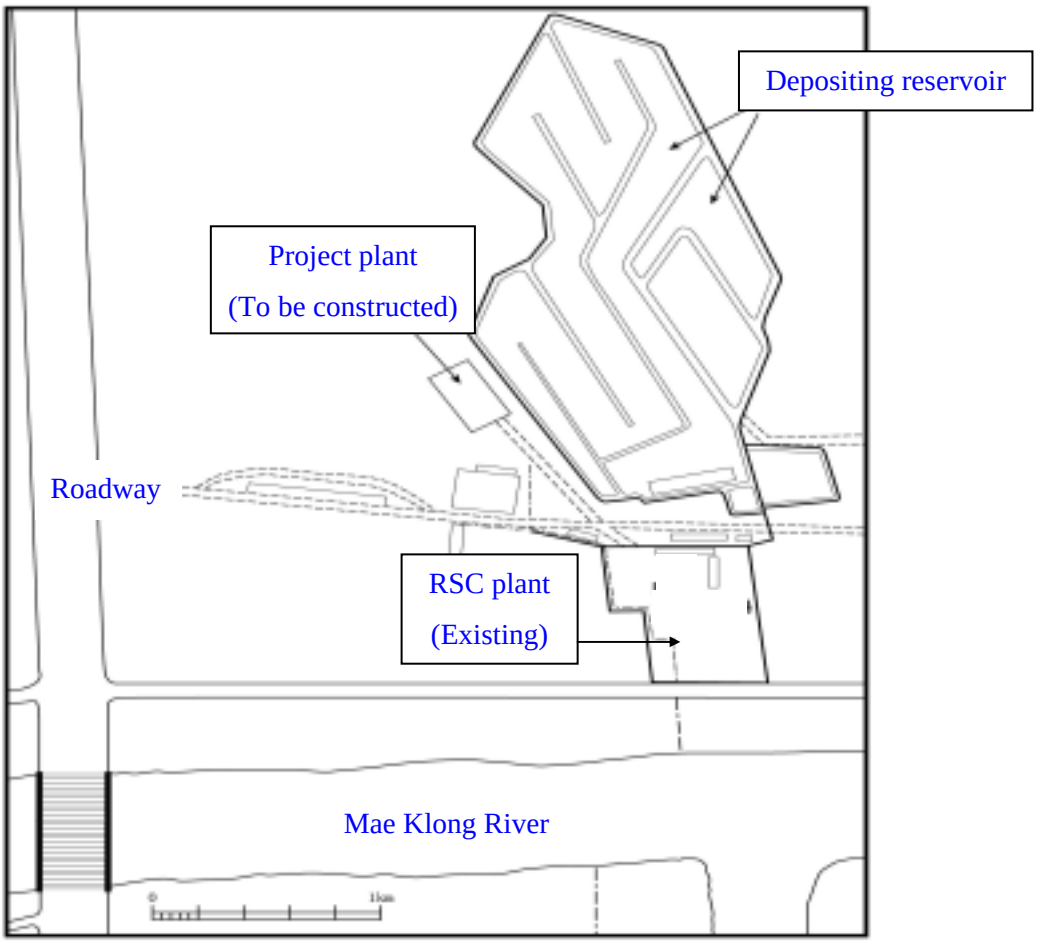


Figure 2. Image of the project site

Most of the country's sugar factories including the RSC plant are located in Central Thailand. This area is the source of 40% of the national sugarcane production, with 25.2 million tonnes yielded in 1995-96[1].

[1] Source: The EC-ASEAN COGEN Programme (NEPO), 'Evaluation of Conditions for Electricity Production Based on Biomass' 1998

Accounting for 1 to 2% of the nation's total, RSC annually produces 863,200 tonnes of sugarcane on average, of which 73,200 tonnes are unused as trash[2].

It is noteworthy that RSC established a new local irrigation system named "Norng Punchan Project" for sugarcane cultivation, covering over 630 acres and 147 cane farmers. Supported by the co-operative effort of the Department of Irrigation, this national pilot project with an extensive network of irrigation canals well-adapted to the rich local alluvial plain, received funding totalling 96 million Baht from the Asian Development Bank (ADB).

A.4.2 Type and category(ies) and technology of project activity:

A.4.2.1 Type and category(ies) of project activity:

The Project will use the following type and category(ies):

Type-I.D. - Renewable electricity generation for a grid

The Project conforms to the project type and category selected because it uses renewable biomass in the form of trash and rice husk as fuel at a power plant with 9.64MW planned capacity, to generate electricity for a grid (EGAT).

A.4.2.2 Electricity sales to EGAT:

The main channel for EGAT's purchases of renewable energy is the *Small Power Producer Program*[3]. RSC will apply for a 30-year firm power purchase agreement (PPA) with EGAT under the SPP Program. Considering the maximum capacity of the existing grid connected to the RSC factory, it is expected to sell 8MW to EGAT, while the plant will be designed to generate 9.64MW electricity. As per EGAT's request specified in the SPP program, however,

[2] Refer to Appendix A for more details on biomass supply

[3] A Small Power Producer (SPP) can be a private, government or state enterprise that generates electricity either (a) from non-conventional sources such as wind, solar and mini-hydro energy or fuels such as waste, residues or biomass, or (b) from conventional sources provided they also produce steam thorough cogeneration.

the electricity to be sold during the night on Weekdays should be 75 % of the daytime quantity. This rule is also applied to the supply on Sundays and Holidays. Thus, the plant will supply a contracted capacity of 8MW in daytime and 6MW in nighttime on Weekdays, and 6 MW in all day on Sundays and Holidays.

Given RSC's plan to operate the plant for 13.5 hours in daytime and 10.5 hours in nighttime, 330 days a year, the total electricity to be generated by RSC will be 76,348.8MWh/yr:

9.64MW × 24 hr × 330 days = 76,348.8MWh/yr

With the aforementioned hourly and weekly fluctuations of supply taken into consideration, the expected amount of electricity sales to EGAT will be 54,810MWh/yr:

1) Daytime on Weekdays: 8 MW × 13.5 hr × 270 days = 29,160MWh/yr
2) Nighttime on Weekdays: 6 MW × 10.5 hr × 270 days = 17,010MWh/yr
3) Sundays and Holidays: 6MW × 24hr × 60 days = 8,640MWh/yr

1) + 2) + 3) = 54,810 MWh/yr

The Project, on the other hand, plans to supply surplus thermal energy generated through cogeneration to alcohol brewing plants to be invited by the Project, which require steam for processing of molasses to make alcohol products. Securing 78% of the remaining electricity or 19197.8MWh/yr for internal use at the project plant, the Project will sell the other 22% or 2,341MWh/yr of electricity to the alcohol manufacturers.

To sum up, the Project expects to produce approximately 76,348.8MWh of electricity annually, of which 54,810MWh will be sold to EGAT, 2,341MWh to the brewing plants, and the remaining 19197.8MWh will be consumed internally at the project plant.

A.4.2.3 Technology to be transferred:

The Project differs from any other projects seen in Thailand for biomass power generation. While other projects simply rely on a single biomass fuel for the supply to be used at their power plants, the Project sources two major sources of agricultural waste: trash and rice husk. It should be particularly noted that the Project plans to use trash as a precedent in Thailand, as it

was previously believed to be unprofitable as fuel since it requires additional work for collection. Without the Project, trash would continue to be left to decay on the fields.

The mechanization of trash collection on the initiative of the Project is of great significance in terms of technology transfer. As illustrated in Figure 4, it will be implemented by improving the existing harvesters, by installing specially designed trash containers. In addition, high-performance harvesters with the same feature will also be newly introduced. This will lead to the reduction of the labor by replacing manual collection, resulting in an increase of a mechanized ratio of overall farm work up to nearly 70% at RSC farms.

Figure 3. Mechanical harvesting

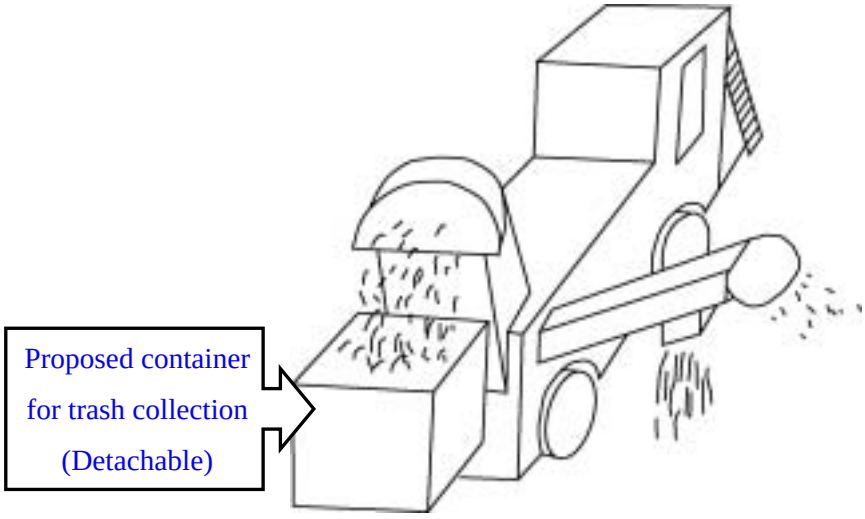


Figure 4. Image of the container for trash collection

Tsukishima Kikai Co., Ltd. (TSK), a Japanese environmentally-oriented engineering company, will undertake the overall design for the project plant. The plant will operate using a water tube boiler well adapted for combustion of trash, which requires a greater quantity for power generation compared to other biomass resources. TSK will also provide know-how on combustion technologies.

The Project also intends that ash derived from trash combustion at the plant to be restored due to its nutrient value as a fertiliser. These efforts will eliminate the environmental issue of trash disposal while at the same time reduce GHG emissions from sugar manufacturing using fossil fuel. As the precedent using this state-of-the-art technology in Thailand, the Project represents an important case of technology transfer.

A.4.3 Brief statement on how anthropogenic emissions of greenhouse gases (GHGs) by sources are to be reduced by the proposed CDM project activity:

The Project will reduce anthropogenic GHG emissions by displacing fossil fuel-based electricity generation with GHG-neutral biomass electricity generation. GHG reductions will be achieved by the Project from two emissions sources – grid electricity generation and brewing process at alcohol manufacturing factories. The latter source, however, is not included in emission calculations to provide conservative and simplified figures. As determined in section E, the Project will generate on average approximately 35,188 tonnes of CERs annually, or 246,316 tonnes for the entire 7-year initial crediting period.

A.4.4 Public funding of the project activity:

The financial plans for the Project do not involve public funding from Annex I countries.

A.4.5 Confirmation that the small-scale project activity is not a debundled component of a larger project activity:

The Project can qualify to use simplified modalities and procedures for small-scale CDM project activities, on the ground that this particular project was originally initiated and developed by the project participants by whom no other CDM project activities were previously conducted.

B. Baseline methodology

B.1 Title and reference of the project category applicable to the project activity:

Title: Renewable Energy Project - Renewable Electricity Generation for a Grid

Reference: Type 1.D Appendix B of simplified M&P for small-scale CDM project activities

B.2 Project category applicable to the project activity:

The proposed CDM Project activity is a renewable energy project and will be utilizing biomass combined heat and power (co-generation) system that supplies electricity to a grid. Hence, the methodology as described in Type 1.D of Appendix B, which is designed for renewable electricity generation for a grid, is suitable for the proposed project activity.

B.3 Description of how the anthropogenic GHG emissions by sources are reduced below those that would have occurred in the absence of the proposed CDM project activity:

B.3.1 Justification of using simplified methodologies:

As per item 25 Appendix B of simplified M&P for small-scale CDM project activities, the sum of all forms of energy output shall not exceed 45$MW_{thermal}$ to qualify as a small-scale CDM for co-generation system. In the Project, the rated output of the first boiler is 60t/y, which is equivalent to approximately 42MW (<45rMW) on applying the formula, steam 1kg/h 0.7kW. Therefore, the Project qualifies as a small-scale CDM for the co-generation system.

B.3.2 Assessment of additionality:

The Ministry of Agriculture and Cooperatives stipulated in their short-term development policy that cost of harvest should be reduced by using harvesting machines to strengthen its competitiveness in the international market. The Project promotes this policy by introducing additional new type of harvesters. In addition, the Project Activity will be the first in Thailand

to apply co-generation technology by utilising sugarcane trash as fuel. Necessary construction materials and equipment will be purchased from local companies for the construction of the new plant, and local workers will be recruited for the operation and management of the new plant where they can gain experience and be trained in this new technology that has not been seen previously in Thailand.

Investment Barrier

IRR without the Project (without CER) is estimated to be only 4.98%. The current interest rate on the long-term national bond of Thailand (A^- -rated by the rating firm S&P) is approximately 6%. This indicates that a number of financially more viable alternatives to the project activity would be available to potential investors in the host country, and that such alternative project activities would have led to higher emissions in comparison to the proposed activity, in which only biomass fuel would be utilized for power cogeneration.

If registered under the CDM scheme, as earlier mentioned above, the Project will generate 35,188 tonnes of CERs annually. At the price of US$5, the CERs will enhance the Project's IRR by 1.15% to 6.13%. In the eye of the investors, therefore, one of the benefits of the Project is its CDM potential.

An added incentive for investors is the higher status associated with CDM designation. The Project will publicly highlight its participants' environmental commitment, and will also confer benefit of pioneering the learning experience for the CDM process.

In view of the above, the proposed project activity would not occur anyway mainly due to the investment barrier. Hence, the Project is additional and would generate additional emission reductions.

B.4 Description of the project boundary for the project activity:

Of the following 5 steps of the Project, the Project boundary related to the baseline methodology is shown within the dotted line in the Figure 5.

- During sugar production period, collect trash into bags when emitted from the harvester and deliver them to the new power plant.
- During non-sugar production period, rice husk will be purchased from rice milling plants and delivered to the new power plant.
- Crush trash and rice husk by crushing equipment. Use them as boiler fuel to produce 60t/h steam, and generate 9.64MW electricity.

- 8MW out of 9.64MW electricity is sold to EGAT during daytime. (6MW, which is equivalent to 75% of the daytime quantity, is sold to EGAT during the night on weekdays and throughout the day on Sundays and national holidays.)
- 7t/h out of 60t/h steam is supplied to alcohol factory.

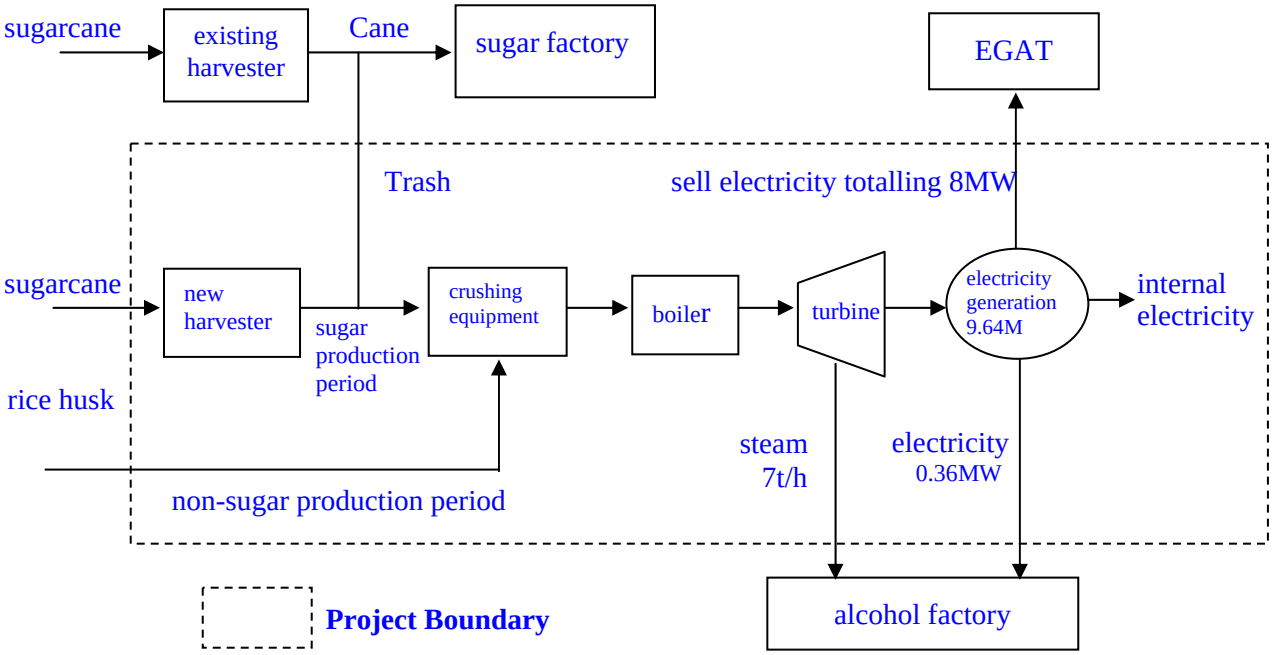


Figure 5. Project Boundary

B.5 Details of the baseline and its development:

B.5.1 Specify the baseline for the proposed Project activity using a methodology specified in the applicable project category for small-scale CDM project activities contained in appendix B of the simplified M&P for small-scale CDM project activities:

This proposed project is to reduce CO_2 emission by replacing fossil fuel by biomass fuel, which is net zero CO_2 emission based on the carbon neutral. Hence, the baseline CO_2 emission in the

Project equals to the amount of CO_2 emission reduction by supplying biomass-generated electricity to EGAT.

The option 29(b) in Appendix B of the simplified M&P for small-scale CDM was chosen because data for the generation mix of the EGAT grid is readily available, whereas data on the "approximate operating margin" and "build margin" needed for option 29(a) is difficult to gather. Data in 2002 is used for the calculation of the Project baseline, since it is the latest data available as of now.

Based on aforementioned option 29(b), the Project Activity's baseline is calculated by multiplying the electricity produced by the renewable generating unit (referred to hereafter as 'annual amount of biomass generated electricity') by emission coefficient of the current generation mix (referred to hereafter as 'average CO_2 emission factor').

Baseline CO_2 emission	=	annual amount of biomass generated electricity	×	average CO_2 emission factor

A) Annual amount of biomass generated electricity

As mentioned in A.4.2.2, the amount of biomass-generated electricity supplied to EGAT is estimated to be 54,810 MWh/y.

B) Average CO_2 emission factor

Based on the data of electricity generation per fuel in 2002[4] and IPCC default values[5], the average CO_2 emission factor in 2002 is calculated as 0.642 t-CO_2/MWh. (For detailed calculation, refer to Section E)

Therefore,

Baseline CO_2 emission	=	annual amount of biomass generated electricity	×	average CO_2 emission factor
	=	54,810 MWh / yr	×	0.642t-CO_2/MWh/yr

[4] Source: EGAT Power Development Plan (PDP) 2003

[5] Source: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

= 35,188 t-CO_2 / y

Hence, the baseline CO_2 emission is estimated to be 35,188 t-CO_2 / y.

B.5.2 Date of completing the final draft of this baseline section:

March 2004

B.5.3 Name of person/entity determining the baseline:

Kyoto Mechanisms Business Group
Environmental Assessment Department
Kansai Environmental Engineering Center Co., Ltd.
1-3-5 Azuchimachi, Chuo-ku, Osaka, Japan 541-0052
Tel: +81-6-6263-7308

C. Duration of the project activity and crediting period

C.1 Duration of the project activity:

C.1.1 Starting date of the project activity:

2007

C.1.2 Expected operational lifetime of the project activity:

21 years

C.2 Choice of the crediting period and related information:

C.2.1 Renewable crediting period:

C.2.1.1 Starting date of the first crediting period:

2007

C.2.1.2 Length of the first crediting period*:*

7 years

C.2.2 Fixed crediting period:

C.2.2.1 Starting date:

C.2.2.2 Length (max 10 years):

D. Monitoring methodology and plan

D.1 Name and reference of approved methodology applied to the project activity:

Item 31, Monitoring for Type I.D - Renewable electricity generation for a grid, Appendix B of the simplified M&P for small-scale CDM project activities: "Monitoring shall consist of metering the electricity generated by the renewable technology. In the case of co-fired plants, the amount of biomass input and its energy content shall be monitored."

D.2 Justification of the choice of the methodology and why it is applicable to the project activity:

In the Project, the rated output of the first boiler is 60t/y, which is equivalent to approximately 42MW (<45MW) when applying the formula, steam 1kg/h = ca. 0.7kW. This is less than the 45MW threshold for the small-scale CDM.

D.3 Data to be monitored:

In accordance with item 31 in Appendix B of simplified M&P, which prescribes monitoring requirement for Type I.D. projects, the data to be monitored in relation to the Project will be the meter readings of electricity exported by the new power plant to EGAT grid.

Since the Project's new equipment is designed only for biomass and is not a co-fired plant, the amount of biomass input and its energy content need not be monitored.

Electricity exported by the new power plant to EGAT grid is measured and recorded monthly by reading the electric meter directly. As a means of further quality assurance, accounting data is also kept and verified to confirm the data accuracy.

Table 1. Data to be monitored

ID number	Data type	Data variable	Data unit	Measured (m), calculated (c) or estimated (e)	Recording frequency	Proportion of data to be monitored	How will the data be archived? (electronic/ paper)	For how long is archived data to be kept?	Comment
D.3.1	Quantitative	Electricity exported to EGAT grid	MWh	m	monthly	100%	electronic	min. of 2 years after last CER issuance	

D.4 Name of person/entity determining the monitoring methodology:

Kyoto Mechanisms Business Group

Environmental Assessment Department

Kansai Environmental Engineering Center Co., Ltd.

1-3-5 Azuchimachi, Chuo-ku, Osaka, Japan 541-0052

Tel: +81-6-6263-7308

E. Calculation of GHG emission reductions by sources

E.1 Formulae used:

E.1.1 Selected formulae as provided in appendix B:

E.1.1.1 Baseline emission:

The formula of **29(b) for Type 1.D. in Appendix B** of the simplified M&P for small-scale CDM is selected for calculating electricity baseline emission for the Project.

Based on the above item 29(b), the Project Activity's baseline is calculated by multiplying the electricity produced by the renewable generating unit (referred to hereafter as 'annual amount of biomass generated electricity') by emission coefficient of the current generation mix (referred to hereafter as 'average CO_2 emission factor') as represented below.

Baseline CO_2 emission	=	annual amount of biomass generated electricity	×	average CO_2 emission factor

A) Annual amount of biomass generated electricity

As described earlier in A.4.2.2, annual amount of biomass generated electricity is 54,810MWh/yr.

B) Average CO_2 emission factor

Average CO_2 emission factor is calculated as follows;

Average CO_2 emission factor ($t\text{-}CO_2/MWh$)	=	Total CO_2 emission ($t\text{-}CO_2$)	÷	Total Electricity generation (MWh)

EGAT grid data in 2002[6], as represented in the ensuing table, is gathered to calculate total CO_2 emission and total electricity generation.

Table 2. Energy generation and fuel requirement in Thailand 2002

EGAT Data （2002 Actual）				
Fuel Type	GWh	MMSCFD	10^6 liter	10^6 ton
	(A)			
Hydroelectric				
EGAT	6,481			
LAO PDR	2,807			
Total	9,288			
Natural Gas				
EGAT	35,608	860		
EGCO	11,647	309		
RATCH	10,872	246		
IPP	9,317	218		
Sub-Total	67,444	1,633		
SPP	9,246			
Total	76,690	1,633		
Heavy Oil				
EGAT	2,024		521	
RATCH	0		0	
Sub-Total	2,024		521	
SPP	37			
Total	2,061		521	
Diesel Oil				
EGAT	258		67	
Lignite				
EGAT	16,890			15.2
Imported Coal				
IPP	0			0
SPP	2,541			0
Total	2,541			0
Renewable Energy				
SPP	648			
New Capacity	0			
Grand Total	**108,376**			

[6] Source: EGAT Power Development Plan (PDP) 2003

The above data is used to calculate CO_2 emissions per fuel type following the calculation method given below.

CO_2 emission per fuel type ($t\text{-}CO_2$)	=	Grid fuel consumption (10^3 t)	×	Net calorific value per fuel ($TJ/10^3$ t)	×	C emission factor per fuel (tC / TJ)	×	Fraction of C oxidised per fuel	×	Mass conversion factor ($t\text{-}CO_2/tC$)

The illustration below is given using the data for imported coal in 2002.

CO_2 emission per fuel type ($t\text{-}CO_2$)	=	Grid fuel consumption (10^3 t)	×	Net calorific value per fuel ($TJ/10^3$ t)	×	C emission factor per fuel (tC / TJ)	×	Fraction of C oxidised per fuel	×	Mass conversion factor ($t\text{-}CO_2/tC$)
	= 945.23 x 10^3		×	26.38	×	26.8	×	0.98	×	44/12

= 2,401,281 $t\text{-}CO_2$

CO_2 emission per fuel is summed for all generation types. Following the same procedures as for imported coal for other fuel types, the total CO_2 emission for the grid in 2002 was calculated as 69,580,666 tonnes. (Refer to Appendix B for detailed calculation)

Therefore,

Average CO_2 emission factor ($t\text{-}CO_2/MWh$)	=	Total CO2 emission ($t\text{-}CO_2$)	÷	Total Electricity generation (MWh)
	=	69,580,666 $t\text{-}CO_2$	÷	108,376,000 MWh
	=	0.642 $t\text{-}CO_2/MWh$		

Based on the above, the Project baseline CO_2 emission is as follows;

Baseline CO_2 emission	=	Annual amount of biomass generated electricity	×	average CO_2 emission factor
	=	54,810 MWh / yr	×	0.642 t-CO_2/MWh
	=	35,188 t-CO_2 / y		

E.1.1.2 CO_2 emission due to the Project activity within the Project boundary:

Sources of GHG emissions due to the Project Activity within the boundary consist of biomass combustion for electricity generation and ancillary activities such as start-up operation and transportation.

The IPCC Guidelines stipulate that biomass combustion is assumed to equal its regrowth[7]. Based on these guidelines, the volume of CO_2 produced by combusting biomass fuel (sugarcane trash and rice husk) in the Project's boiler is considered equal to the amount of CO_2 absorbed by sugarcane and rice as they grow.

Appendix B of the simplified M&P does not require monitoring of GHG emissions from ancillary activities. It is therefore deemed unnecessary to include them in the project emissions calculation.

For reference, section below is an analysis of GHG emission due to the ancillary activity in the Project; transportation of biomass fuel to the new plant.

Following are the formula and data used for calculating emissions from transportation of trash and rice husk respectively.

[7] Source: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Workbook

CO_2 emission from transportation of biomass fuel ($t\text{-}CO_2/y$)	=	Annual distance travelled (km/y)	×	CO_2 emission factor for heavy truck (kg-CO2/km)

Table 3. Estimated CO_2 emission data for transportation of biomass fuel[8]

Item	Value	Remarks
(1) Amount of biomass transported : trash	72,987 t/y	Actual amount used.
: rice husk	64,300 t/y	Refere to Appendix A
(2) Average return trip distance per transportation	100 km/return trip	Rajburi Sugar Data
(3) Truck capacity per transportation	4 t/transportation	Rajburi Sugar Data
(4) CO2 emission factor for heavy truck (US heavy-duty diesel truck)	1.108 kg-CO_2/km	IPCC Data[8]
(5) Annual distance travelled : trash	1,824,675 km/y	(1) ÷ (3) × (2)
: rice husk	1,607,500 km/y	(1) ÷ (3) × (2)
Annual CO_2 emission : trash	2,022 t-CO_2/y	(5) × (4) ÷ 1000
: rice husk	1,782 t-CO_2/y	(5) × (4) ÷ 1000
Total CO_2 emission	**3,804 t-CO_2/y**	

Based on the above, total CO_2 emission due to ancillary activity in the Project is calculated as 3,804 t-CO_2/y.

E.1.1.3 Leakage due to the Project activity:

The Project activity's renewable energy is produced by new equipment installed for the first time. Therefore, no leakage calculation is required, per item 30 Appendix B of simplified M&P for small-scale CDM project activities. However, as described in item 8 under the General

[8] Calculated based on Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; CO_2 : 1097g/km, CH_4 : 0.06g/km, N_20: 0.031g/km.

Guidelines, Appendix B of simplified M&P for small-scale CDM project activities, leakage is considered in the case of biomass projects.

As to the usage of sugarcane trash outside the Project boundary, there is neither information nor fact that these are used as a substitute for fossil fuel. On the other hand, some portion of rice husk has been already used for biomass cogeneration in the host country. However, considering the annual amount of rice husk being used in the Project is 64,300t, which is merely 1.3% of the total rice husk gathered throughout the host country, it is quite unlikely that the Project activity will be an obstacle to its supply and that it will lead to additional usage of fossil fuel outside the Project boundary.

In addition, the ash of sugarcane trash after being used as a fuel will be returned to the sugarcane fields as fertiliser, and therefore there will be no need to use additional chemical fertilisers that emit nitrous oxide (N_2O) in the sugarcane fields. As a conclusion, no leakage will occur due to the Project activity.

E.1.1.4 The emission reduction due to the Project

Since there is no CO_2 emission from biomass combustion nor transportation of biomass to compute in relation to the Project, the reduction of CO_2 emission realized by the Project is estimated at 35,188 t- CO_2 annually.

E.1.2 Description of formulae when not provided in appendix B:

E.1.2.1 Describe the formulae used to estimate anthropogenic emissions by sources of GHGs due to the project activity within the project boundary:

E.1.2.2 Describe the formulae used to estimate leakage due to the project activity, where required, for the applicable project category in appendix B of the simplified modalities and procedures for small-scale CDM project activities:

E.1.2.3 The sum of E.1.2.1 and E.1.2.2 represents the project activity emissions:

E.1.2.4 Describe the formulae used to estimate the anthropogenic emissions by sources of GHG's in the baseline using the baseline methodology for the applicable project category in appendix B of the simplified modalities and procedures for small-scale CDM project activities:

E.1.2.5 Difference between E.1.2.4 and E.1.2.3 represents the emission reductions due to the project activity during a given period:

E.2 Table providing values obtained when applying formulae above:

Table 4. CO_2 emission reduction estimates

	Item	Referance/ calculation	Annual amount
A	Baseline CO_2 emission	E.1.1.1	35,188 t-CO_2/y
B	Emission due to the Project activity	E.1.1.2	0 t-CO_2/y
C	Leakage due to the Project activity	E.1.1.3	0 t-CO_2/y
D	Total Project CO_2 emission	B+C	0 t-CO_2/y
E	Project CO_2 emission reduction	A-D	35,188 t-CO_2/y

F. Environmental impacts

F.1 If required by the host Party, documentation on the analysis of the environmental impacts of the project activity:

While power plants with less than 10MW capacity, such as the Project, are not included in the list of prescribed activities requiring Environmental Impact Assessment (EIA), they are still required to comply with Thailand's environmental regulations and standards. The Project therefore has made adequate provisions to comply with them.

All the Thai environmental standards are in conformity to the Enhancement Conservation of National Environment Quality Act established in 1992, the only environmental comprehensive legislation in Thailand. Table 5 compares the Thai environmental standards for air quality with the performance guaranteed by the Project.

Table 5. Environmental Requirements for Air Quality

Environmental Considerations	Thai Standard Requirements	Performance Guaranteed by the Project
Dust	400mg/Nm^3	below 120mg/Nm^3
NOx	250ppm or 470mg/Nm^3	below 250ppm
SOx	500ppm or 1300mg/Nm^3	below 300ppm

Should SOx emissions by the project plant exceed the above emissions standard in the most unlikely event, the Project will install a desulferizer promptly to minimize possible environmental impacts on the immediate community.

Other points noted are as follows:

- Wastewater will not be permitted to leave the plant site. Instead, it will be first treated and then evaporated from an evaporating pond.
- The equipment will be primarily housed in the building. In the case that any such equipment has to be placed outside, low-noise type equipment with a noise barrier will be employed set as far from the local residents as possible.
- Any nuisance vibration resulting from the operation of the plant is unlikely to occur, since compulsory groundwork will be laid properly for the equipment setting.

G. Stakeholders comments

G.1 Brief description of the process by which comments by local stakeholders have been invited and compiled:

Hearings were held on several occasions with local stakeholders such as staff at RSC and RSC contract farmers.

G.2 Summary of the comments received:

The director of RSC showed the expectation of the increase in sugarcane and trash production to be implemented by the Project, with additional apply of trash-derived ash to the fields as a fertiliser. The director also noted that careful attention should be given to the resulting impacts on sugar content in the crops.

Comments received from the RSC farmers were quite supportive of the Project: in particular mechanization of trash collection were quite preferable for them since skilled manpower for the practical manual harvesting of sugarcane has been in short in recent years. On the other hand, they suggested that the storage bag for trash, planned to be made of plastic, should be reconsidered regarding use of some other fire-resistant materials, due to flammability of the proposed material.

G.3 Report on how due account was taken of any comments received:

With intent to assure positive effects resulting from the increase of fertiliser application, the Project is prepared to provide RSC with anecdotal data supported by scientific analysis on the potential impacts on sugar content in the crops.

In respect to the request from the farmers, they satisfactory accepted the explanation that the Project is currently seeking alternatives such as mesh texture bag, which is commonly seen in use at ranches for dried plant storage.

Annex 1

CONTACT INFORMATION FOR PARTICIPANTS IN THE PROJECT ACTIVITY

Organization:	Rajburi Sugar Co., Ltd.
Street/P.O.Box:	302 Silom Road
Building:	S&A Building, 2nd Floor
City:	Bangkok
State/Region:	Bangkok
Postcode/ZIP:	10500
Country:	The Kingdom of Thailand
Telephone:	+66 2237 9999
FAX:	+66 2235 4444
E-Mail:	Rajburisugar@netscape.net
URL:	http://www.rajburisugar.com
Represented by:	
Title:	Assistant Managing Director
Salutation:	Mr.
Last Name:	Arunanondchai
Middle Name:	
First Name:	Tritip
Department:	
Mobile:	
Direct FAX:	
Direct tel:	
Personal E-Mail:	

Organization:	Kansai Environmental Engineering Center Co., Ltd.
Street/P.O.Box:	1-3-5 Azuchimachi, Chuo-ku
Building:	
City:	Osaka
State/Region:	Osaka
Postcode/ZIP:	541-0052
Country:	Japan
Telephone:	+81 6 6263 7300
FAX:	+81 6 6263 7301
E-Mail:	
URL:	http://www.kanso.co.jp
Represented by:	
Title:	Team Manager
Salutation:	Mr.
Last Name:	Takahashi
Middle Name:	
First Name:	Fumio
Department:	General Affairs Department
Mobile:	
Direct FAX:	+81 6 6263 7301
Direct tel:	+81 6 6263 7302
Personal E-Mail:	takahashi_fumio@kanso.co.jp

Annex 2

INFORMATION REGARDING PUBLIC FUNDING

The financial plans for the Project do not involve public funding from Annex I countries.

Appendix A
Fuel Supply

Procurement and availability of trash

Based on the conservative analysis conducted at RSC farms, trash to be used as fuel during sugar production period will be collected to the extent of about 70% of the total sugarcane production, while the remaining 30% should be left in the fields for soil conditioning. Anecdotal document[9] suggests that the trash-per-cane ratio should be 10.4% with 9 % moisture, or 91% dry matter. As the actual ratio of moisture to dry matter of trash surveyed at the farms is 49-51, the physical ratio of trash-per-cane will be converted at 18.55%[10] for the Project.

The Project will collect trash by mechanical harvesting using existing and newly introduced harvesters. Total units will be 16 and 19, with the daily harvesting capacities of 120t and 240t respectively. Considering RSC's plan to operate 87 days a year for harvesting, trash-per-cane ratio of 18.55 %, and trash procurable ratio of 70% to the total sugarcane production, the expected amount of trash available for fuel will be approximately 73,200t/yr:

(120t x 16) + (240t x 19) × 87days × 18.55 % × 70% = 73,204t/yr

This large quantity of trash sufficiently represents the Project's requirements of 51,741t/yr as calculated in the table below.

Operation	Quantity required (tonnes/day)	Accounts
Weekdays Total (73days)	601	
-Daytime on Weekdays	355	26.3 t/h × 13.5 h
-Nighttime on Weekdays	246	23.4 t/h × 10.5 h
Holidays Total (14days)	562	23.4 t/h × 24 h
Total	51,741 t/yr	(601t/day×73days)+(562t/day×14days)

Procurement and availability of rice husk

Due to limited stock of trash, the Project plans to procure marketed rice husk during the non-production period, of which 170 days are weekdays and 37 days are holidays. Having obtained the heat value of 1,800kcal/kg of trash and 3,440kcal/kg of rice husk[11], or the

[9] Kawashima et al. 2001, 'Sugarcane Stalk as Roughage for Dairy Cattle'

[10] Conversion rate 1.784 is applied, based on the percentage of dry matter : 91% →51%.

[11] Source: RSC data

conversion rate of trash to rice husk of 1.911, the required amount of rice husk as an alternative to trash will be calculated at approximately 64,300 t/yr:

1) Weekdays: 601 t/day ÷ 1.911 × 170days = 53,380 t/yr
2) Holidays: 562 t/day ÷ 1.911 × 37days = 10,878 t/yr

1) + 2) = 64,258 t/yr

The following table summarizes estimated fuel supply for the Project.

Type of fuel	Quantity to be procured (tonnes/year)	Days of supply
Trash	73,200	87days (sugar production period)
Rice husk	64,300	207days (non-production period)

Appendix B
CO_2 emission in grid

CO_2 emission per fuel type in 2002 is calculated in the following manner;

CO_2 emission per fuel type ($t\text{-}CO_2$)	=	Grid fuel consumption (10^3 t)	×	Net calorific value per fuel (TJ/10^3 t)	×	C emission factor per fuel (tC / TJ)	×	Fraction of C oxidised per fuel	×	Mass conversion factor ($t\text{-}CO_2$/tC)

The table next page represents CO_2 emission per fuel type and its total based on the forecast of total energy generation and fuel requirement in Thailand 2002[12].

[12] Source: EGAT Power Development Plan (PDP) 2003

EGAT Data （2002 Actual）					Calculated based on the Revised 1996 IPCC Guidelines[12]					
Fuel Type	GWh	MMSCFD	10^6 liter	10^6 ton	Grid Fuel Consumption (kt)	net calorific value (TJ/kt)	C emission factor (tC/TJ)	Fraction of C oxidized	CO_2 emission (t-CO_2) (B)×(C)×(D)×(E)×44/12	CO_2 emission factor (t-CO_2/MWh)
	(A)				(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(F)÷(A)
Hydroelectric										
EGAT	6,481									
LAO PDR	2,807									
Total	9,288								0	0
Natural Gas										
EGAT	35,608	860			7,481.28				21,840,548	0.6134
EGCO	11,647	309			2,688.04				7,847,356	0.6738
RATCH	10,872	246			2,139.99	52.30	15.30	0.995	6,247,401	0.5746
IPP	9,317	218			1,896.42				5,536,332	0.5942
Sub-Total	67,444	1,633			14,205.73				41,471,638	0.6149
SPP	9,246				1,947.48				5,685,395	0.6149
Total	76,690	1,633			16,153.21				47,157,033	0.6149
Heavy Oil										
EGAT	2,024		521		491.98				1,514,449	0.7482
RATCH	0		0		0.00	40.19	21.10	0.99	0	
Sub-Total	2,024		521		491.98				1,514,449	0.7482
SPP	37				8.99				27,674	0.7479
Total	2,061		521		500.97				1,542,122	0.7482
Diesel Oil						43.33	20.20	0.99		
EGAT	258		67		56.49				179,481	0.6957
Lignite						12.14	27.60	0.98		
EGAT	16,890			15.2	15,200.00				18,300,749	1.0835
Imported Coal										
IPP	0			0	0.00	26.38	26.80	0.98		
SPP	2,541			0	945.23				2,401,281	0.9450
Total	2,541			0	945.23				2,401,281	0.9450
Renewable Energy										
SPP	648								0	0
New Capacity	0								0	0
Grand Total	**108,376**								**69,580,666**	**0.642**